os resultados apresentados pelo computador dão custos superiores a partir dessa altura). Como os h_v são em número de 7, esta curva traduz por si, uma análise de cerca de 10 000 secções!

Por esta curva verifica-se a existência dum mínimo absoluto para a altura de 117 cm. Mais se verifica, que a variação dos custos, já entre secções óptimas, é muitíssimo acentuada, até uma certa altura, a partir da qual a curva tende a horizontalizar-se. Assim, enquanto que para a altura de 57 cm o custo por m. l. é de Esc. 1 621$00, para a altura de 87 cm já é de Esc. 1 075$00, ou seja, houve uma redução de Esc. 546$00, no custo por m. l. com o aumento da altura de 57 cm para 87 cm. No entanto, desta altura até ao mínimo absoluto, a redução foi apenas de Esc. 55$00 por m. l. O facto da curva apresentar nìtidamente a transição da secção em T para a secção em I, no sentido muito acentuado da máxima economia, leva-nos a admitir que mesmo para vigas de vão diminuto, as secções em laje maciça ou em T, são em geral mais onerosas que as secções em viga I.

A curva n.º 2 (a tracejado), é idêntica ao caso anterior, excepto em que se não fez incluir o custo da cofragem. Serviu sobretudo para desfazer uma dúvida: Se não havendo a influência de custo da cofragem, não seriam as vigas mais económicas à medida que a sua altura fosse aumentando? Esta curva, conjuntamente com a curva n.º 2 do gráfico II (ver adiante) prova que existe igualmente um mínimo absoluto, e que, portanto, para além do factor custo da cofragem, outros factores de custo existem (impostos pelos dimensionamentos mínimos) que afectam os custos por m. l., a partir dum mínimo atingido.

3.2.2 — Veja-se agora com novos exemplos, os resultados obtidos pelo programa, para vigas de grande vão, isto é, da ordem dos 25.00 m.

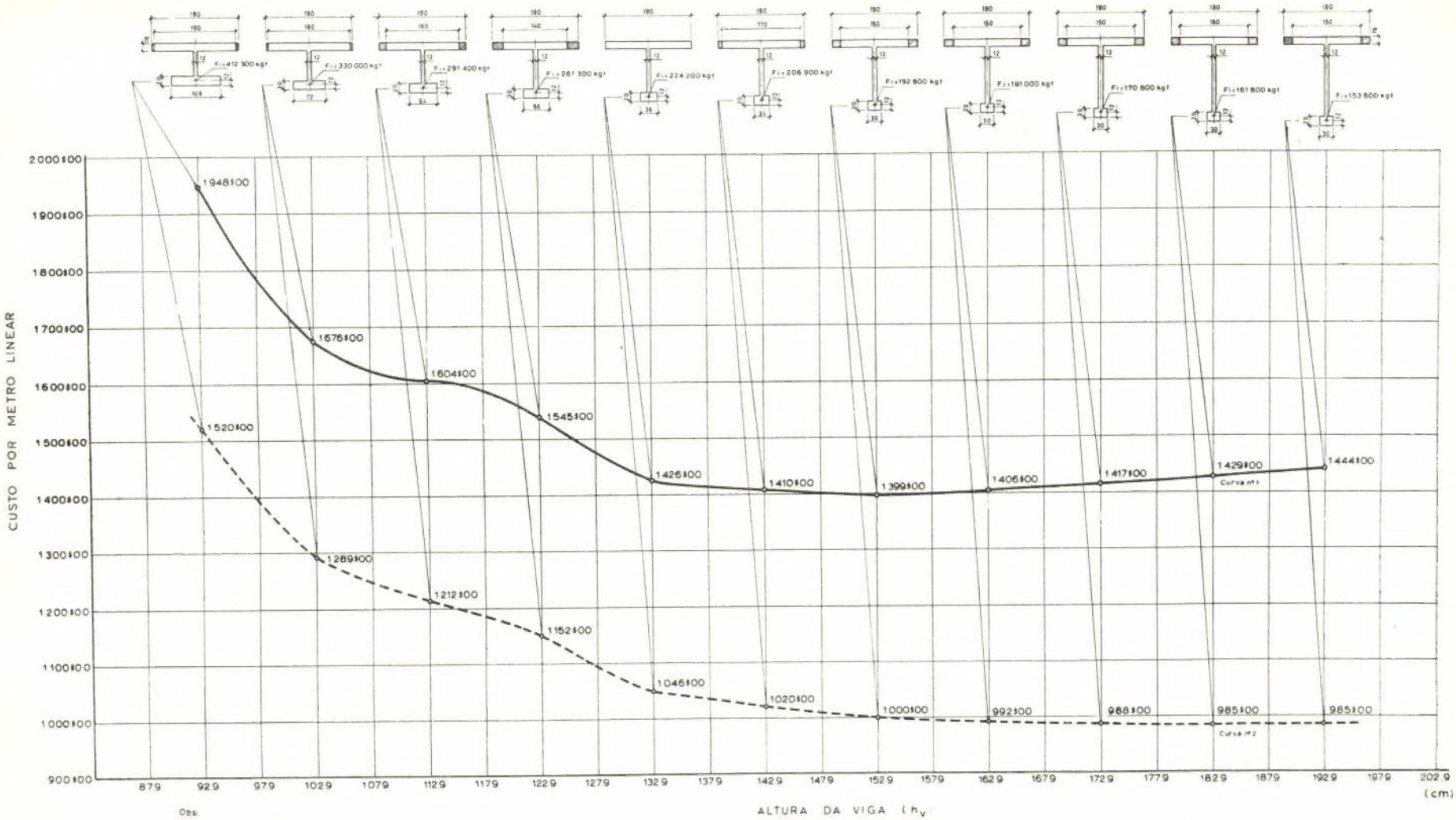
a) Seja a determinação do conjunto de secções óptimas ao longo do campo de variação das alturas, para uma viga com o vão de 25.00 m, sujeita a um momento flector devido às sobrecargas de 10×10^6 kgf.cm e em que se especificam de antemão as seguintes dimensões finais:

Espessura da alma	12 cm
Espessura do banzo superior	16 cm
Espessura do banzo inferior	20 cm
Inclinação dos esquadros de transição do banzo superior	0
Inclinação dos esquadros de transição do banzo inferior	0
Espaçamento entre eixos de vigas . .	190 cm
Espessura da laje da faixa de rolagem	16 cm

A curva n.º 1 do gráfico II traduz com clareza a evolução das secções óptimas ao longo do campo de variação das alturas da viga, apresentando um mínimo obsoluto para uma secção óptima com a altura de 153 cm. Igualmente da interpretação desta curva se conclui que as alturas pequenas são as mais onerosas e aquelas em que os acréscimos de altura mais influencia traduzem nos custos unitários. Assim, enquanto que para a altura de 93 cm o custo é de Esc. 1 948$00 por m. l., para a altura de 133 cm já se pode conseguir um custo de 1 426$00 por m. l., ou seja, houve uma redução de Esc. 522$ por m. l. entre as duas secções óptimas. No entanto, entre a altura dos 133 cm e a altura de 153 cm, correspondente ao minimo absoluto cuja secção óptima apresenta um custo de Esc. 1 399$00 por m. l., a redução é apenas de Esc. 27$00 por m. l. Da altura óptima até à máxima admitida (193 cm), o agravamento do custo foi apenas de Esc. 45$00 por m. l. Quer dizer, para alturas inferiores à altura da secção óptima, o acréscimo do custo foi, no presente caso, de 40 %, enquanto que para alturas superiores, o acréscimo foi no máximo de 3 %.

A curva n.º 2 do gráfico II, traduz o mesmo cálculo sem inclusão do custo da cofragem, e sobre o qual já anteriormente se tiraram conclusões.

b) Suponha-se agora, que se resolvia adoptar esquadros de transição para a viga de 25 m de vão. Mantendo todas as demais condições, compararam-se os casos de laje intercalar (que anteriormente já se apresentara mais económica do que a laje sobreposta) com a laje sobreposta. Quanto à hipótese da laje intercalar (gráfico III — curva n.º 1), a secção óptima apresenta um custo de Esc. 1 453$00 por metro linear para a altura óptima de 153 cm. Repare-se desde já, que o custo é superior ao da solução anterior, isto é, sem esquadros de transição, em Esc. 54$00 por m. l. No entanto, repare-se também, que o



Obs:

CURVAS nº1 e 2

Curva nº1 (inclue o custo da cofragem) ——

Curva nº2 (exclue o custo da cofragem) – – –

Dimensões especificadas

B = 190

Bb = 12

Bh = 16

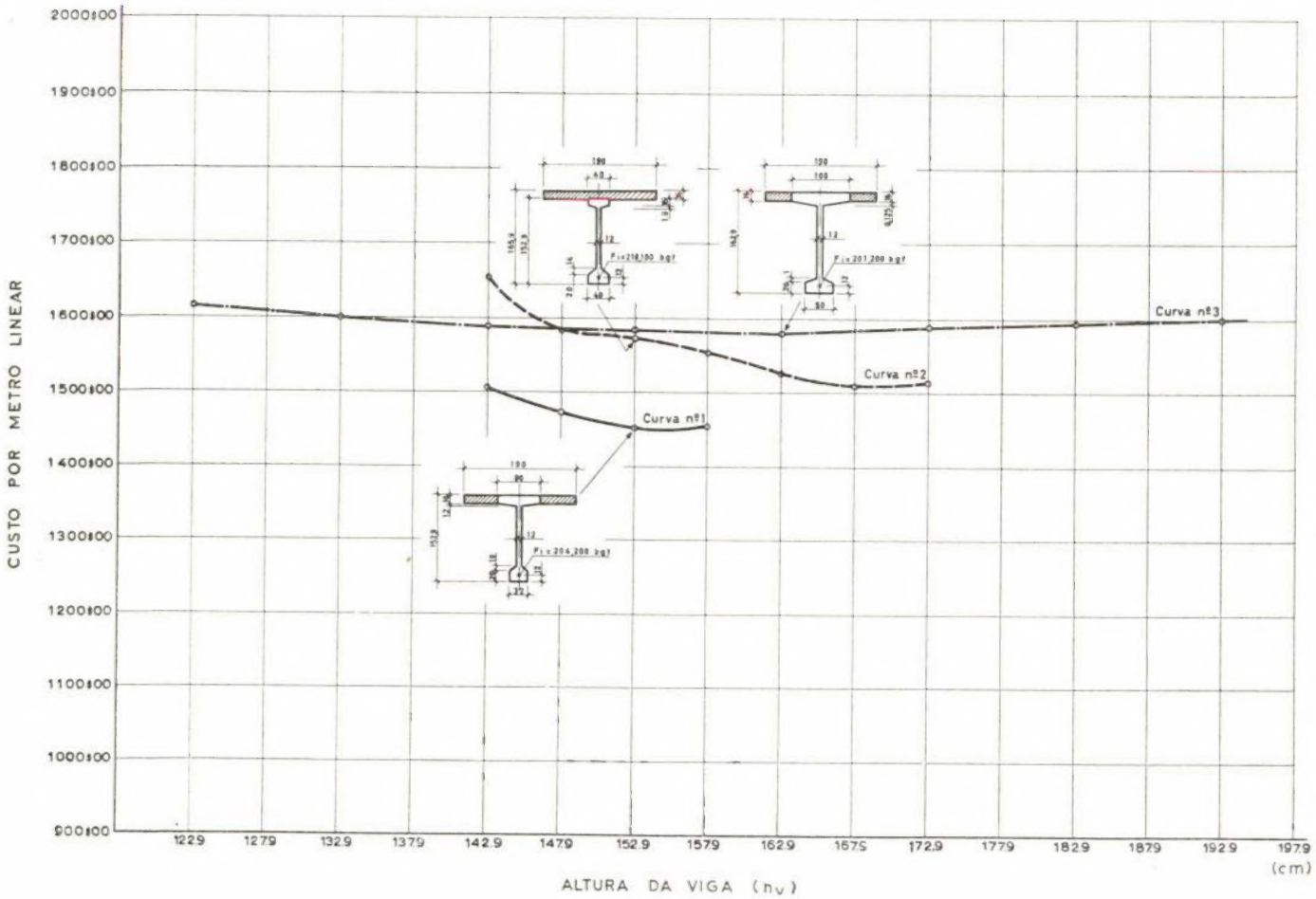
Vh = 20

E = 0

h = 0

e = 16

GRÁFICO II



Obs:

Dimensões especificadas

CURVA Nº1

d = 190
βb = 12
δh_v = 16
γh_v = 20
λ = 0,135
ε = 1
a = 16
a' = 0

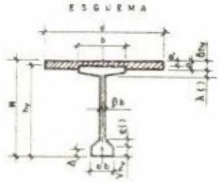
CURVA Nº2

d = 190
βb = 12
δh_v = 16
γh_v = 20
λ = 0,225
ε = 1
a = 16
a' = 13

CURVA Nº3

d = 190
b = 100
αb = 50
βb = 12
δh_v = 16
λh_v = 20
λ = 0,125
ε = 1
a = 16
a' = 0

ESQUEMA



Nota: Todas as dimensões são em centímetros

GRÁFICO III

SIEMENS
PORTUGAL

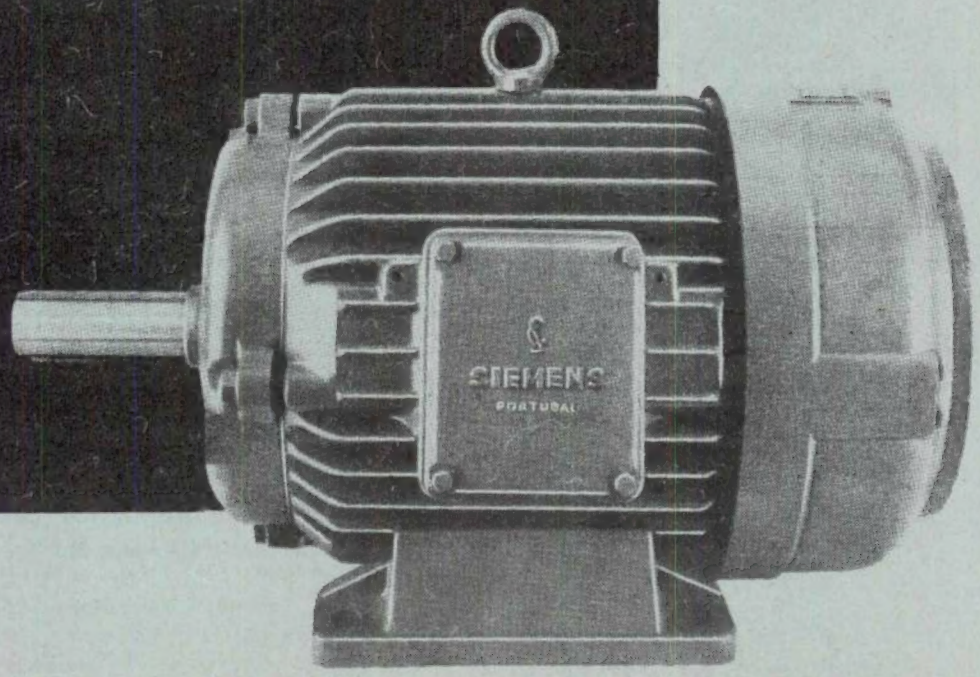
MOTORES

FABRICADOS SOB LICENÇA DE
SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
BERLIN · ERLANGEN

A nossa longa experiência na construção de motores eléctricos e o emprego dos mais perfeitos processos de fabrico, têm-nos permitido prover um valioso sector da Indústria Nacional com motores que oferecem uma garantia das suas qualidades:

- **construção robusta**
- **elevada classe de isolamento**
- **alto rendimento**
- **longa duração**
- **serviço seguro**

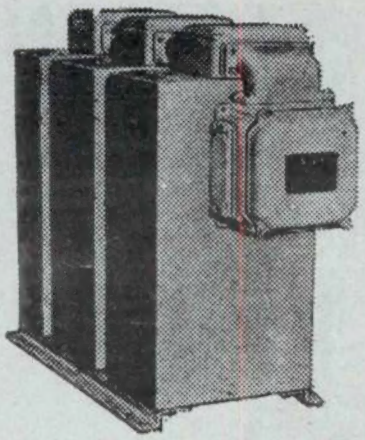
O prestígio mundial alcançado pela nossa marca deve-se ao esmero aplicado na produção de motores — desde a escrupulosa selecção das matérias-primas às rigorosas provas a que são submetidos nas nossas bancas de ensaio



SIEMENS-COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, S.A.R.L. DISTRIBUIDORES DE MOTRA-EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S.A.R.L.
LISBOA • PORTO SABUGO/PORTUGAL

CONDENSADORES ASEA

PARA MELHORAMENTO DO FACTOR DE POTÊNCIA



Batería de condensadores tipo CI 3, 32 kVAr

- SE PAGA POR CONSUMO DE ENERGIA REACTIVA...
- SE A SUA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA ESTÁ SOBRECARREGADA...

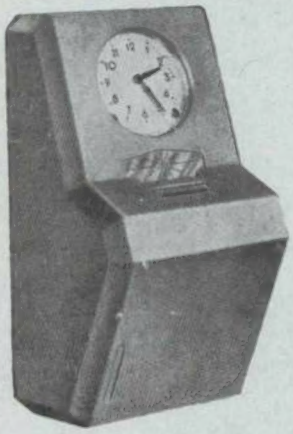
...consulte:

ASEA ELÉCTRICA L.DA

SEDE EM LISBOA
R. DE ARTILHARIA UM, 104,4.º-D.º
Telefone P.P.C. — 68 90 17/8/9

END. TELEG.
ASEAPORT

FILIAL NO PORTO
R. DO CAMPO ALEGRE, 144
Telefone P.P.C. — 6 21 06/7



SOLARI

RELOJOARIA INDUSTRIAL ESPECIALIZADA

URBANO C. MIRANDA

Rua Frei Francisco Foreiro, 2-r/c esq.

Telef. 58 735 - 56 844 - LISBOA

Prédios, empenas, caves. Depósitos para águas, vinhos e aguardentes

Facultam-se certificados de ensaio dos Laboratórios Nacional de Engenharia Civil e da Junta Nacional do Vinho.

«IMPERMEÁBILIS»

O impermeabilizante oficialmente aconselhado em todas as argamassas de cimento

REVENDEDORES EM LISBOA:

João Pereira Vareiro & Filhos, Lda.
Rua Augusto José Vieira, 12 — Telef. 84 74 80

Manuel Pereira Matias, Lda.
Rua de Pedrouços, 105-A — Telef. 61 11 53

Manufacturas de Cimento Fortex, Lda.
Estrada de Benfica, 727 — Telef. 70 21 75

Sequeira & Santos, Lda.
R. José Joaquim Marques, 113—Tel. 02 61 05—MONTIJO

Distribuidor geral para todo o Império Português:

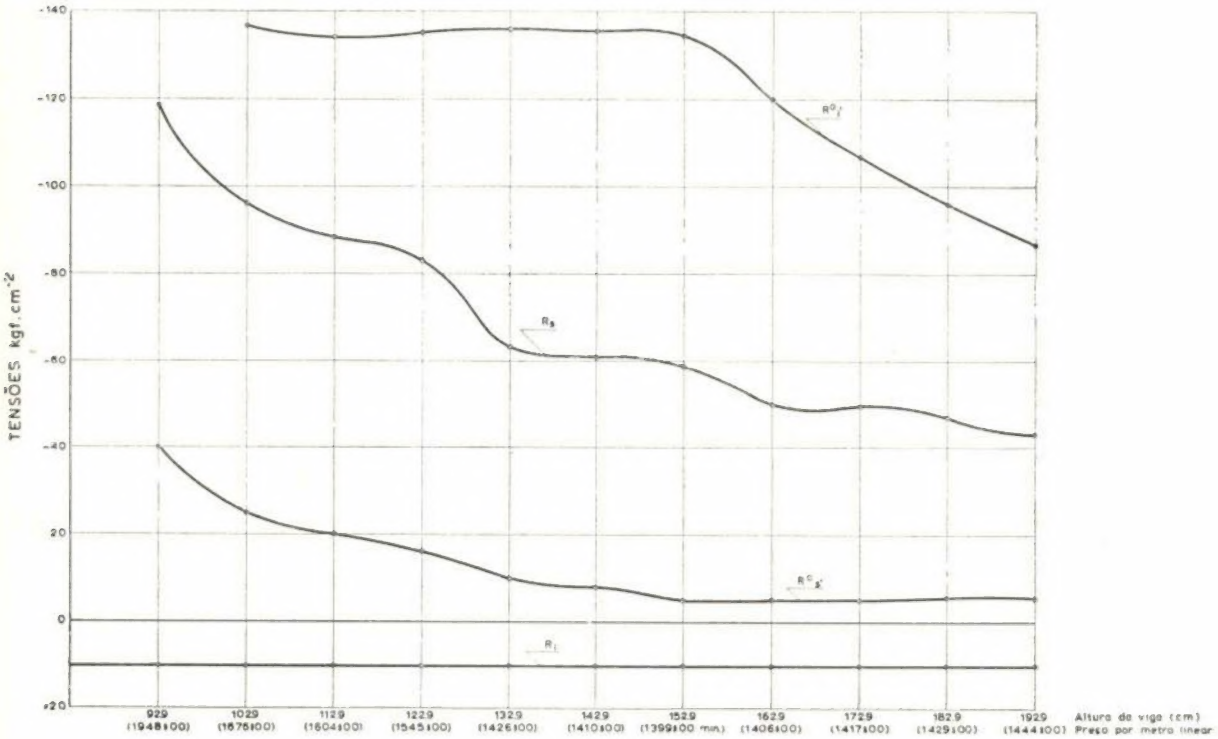
ANSELMO DE MATOS

Av. Almirante Reis, 179, r/c — Telef. 4 64 39
LISBOA

mínimo absoluto corresponde à mesma altura da viga e se bem que a largura do banzo inferior se mantenha pràticamente igual, a largura do banzo superior diminuiu de 150 cm para 80 cm, o que favorece muito esta forma de secção, quando se preveja a pré-fabricação. Quanto a hipótese de laje sobreposta (gráfico III — curva n.º 2) a secção correspondente à altura de 153 cm apresenta o custo de Esc. 1 582$00 por metro linear. Note-se que a largura do banzo superior diminuiu ainda mais, aligeirando consequentemente o peso. O formato da secção é equilibrado. No entanto, o seu custo é sensìvelmente mais elevado do que o da solução anterior. Note-se, porém, que outros factores que influem na pré-fabricação poderão naturalmente pôr em cheque tal economia.

c) Finalmente, a curva n.º 3 do gráfico III representa a curva de custos mínimos, no caso de para a viga de 25 m de vão a que se faz referência se especificarem todos os parâmetros. Há portanto como únicas variáveis a altura h_v e o pré-esforço a aplicar. Pelo gráfico se vê que a altura da secção ideal corresponde a uma altura de viga de 163 cm com um custo de Esc 1 579$ por m. l. Há muito pequena variação de custo com a altura, pois trata-se duma forma seccional muito equilibrada. No entanto, o seu custo é sensìvelmente mais elevado quando comparado com o custo de Esc. 1 453$00 obtido para a solução anteriormente descrita da laje intercalar e de esquadros. Esta última solução é também consideràvelmente mais pesada.

GRÁFICO IV



R^{o}_{i} — Tensão inicial devida ao prè-estorço e peso pròprio, na fibra interior da viga (Tensão limite admitida -140 kgf. cm^{-2})

R^{o}_{s} — Tensão inicial devida ao pré-estorço e peso pròprio, na fibra superior da viga (Tensão limite admitida $+10$ kgf. cm^{-2})

R_i — Tensão final devida ao prè-estorço e demais solicitações, na fibra interior da viga (Tensão limite admitida $+10$ kgf. cm^{-2})

R_s — Tensão final devida ao prè-estorço e demais solicitações, na fibra superior da viga (Tensão limite admitida -120 kgf. cm^{-2})

3.2.3 — Permitiu ainda a análise dos resultados, esclarecer que no dimensionamento das secções óptimas, as tensões normais governantes respeitam essencialmente à fibra inferior, seja na altura da aplicação do pré-esforço ou seja em serviço. As tensões máximas obtidas para a fibra superior nessas secções óptimas, ficam àquem das tensões-limites especificadas nos dados.

O gráfico V apresenta as curvas de tensões obtidas para as secções óptimas da viga de 25 m de vão tratada em 3.2.2, alínea *a*).

3.3 — *Conclusões*

As enormes possibilidades deste programa de cálculo melhor se atingem a partir das conclusões extraídas dos resultados apresentados pelo computador, que incidiram já sobre umas boas dezenas de milhares de secções. Sem se procurar, desde já, generalizar estas conclusões, no entanto, algo de comum se encontrou na interpretação dos resultados obtidos. Assim, o trabalho já realizado leva a concluir:

1.º — As tensões governantes no dimensionamento das secções óptimas respeitam sobretudo à fibra inferior, ficando as tensões limites da fibra superior àquem do permitido, como se verifica pelo gráfico IV.

2.º — À medida que aumenta a altura da viga, a espessura da alma tende para o mínimo arbitrado.

3.º — Quer para a solução em laje sobreposta, quer para a solução em laje intercalar, a largura do banzo inferior deverá ser menor do que a largura do banzo superior.

4.º — A introdução dos esquadros, se bem que conduzindo a um pequeno agravamento do custo, apresenta, além das vantagens de betonagem e de ordem estrutural na absorção dos esforços transversais, a vantagem de conduzir a uma maior redução da largura do banzo superior, relativamente às secções sem esses esquadros de transição.

5.º — A solução em laje intercalar conduz à solução mais económica, quanto ao custo dos materiais, podendo no entanto, pelo maior dimensionamento do banzo superior, maior peso e maior dificuldade de manuseamento, apresentar desvantagens quando comparada com a solução em laje sobreposta.

SYNOPSIS

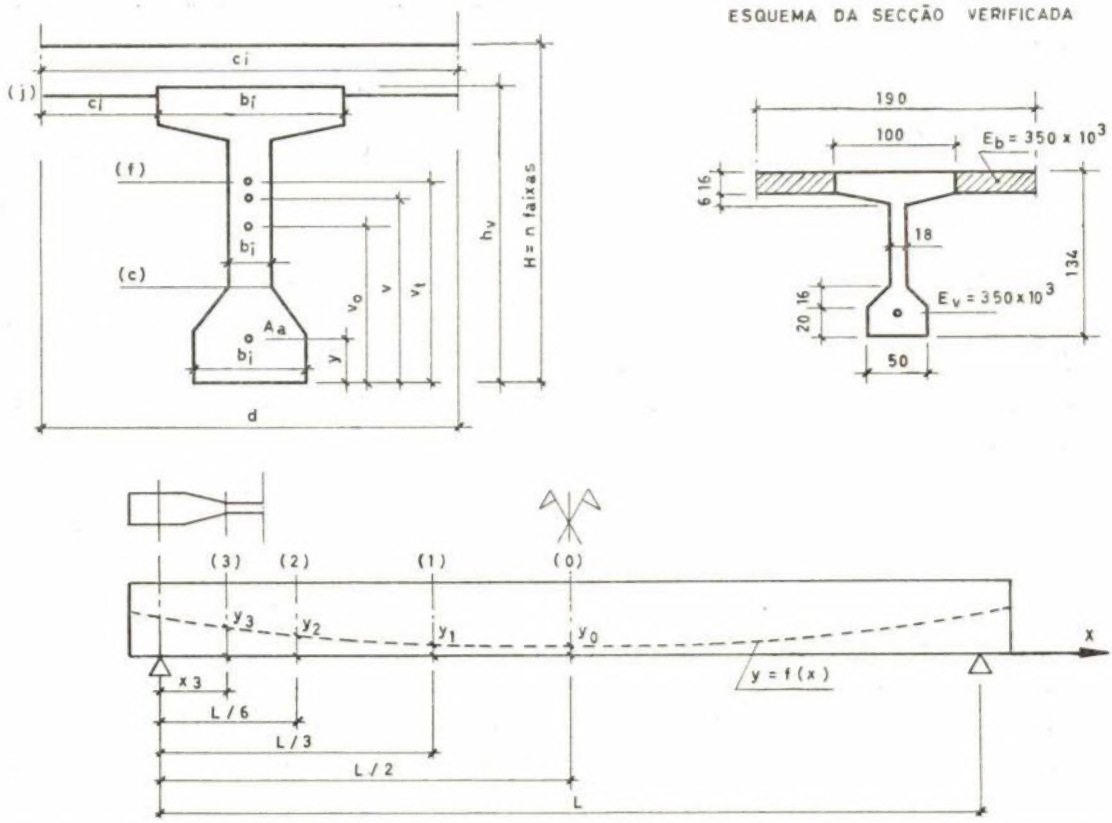
The present paper describes the preparation at the Laboratório Nacional de Engenharia Civil of two programs for the design and analysis of post-tensioned prestressed concrete beams, or girders.

The first program «Analysis of post-tensioned prestressed concrete beams» comprises a detailed analysis of stresses in 4 cross sections (mid-span, one-third span, one-sixth span and near the supports). At each cross section the following magnitudes are obtained: constants of the net, the transformed and the composite sections, normal stresses in the lower and upper fibres in the different stages (net section, transformed section and composite section), principal tensile stresses, ultimate bending moment, maximum bending moments due to the overload to be resisted by ths cross sections and amount of material per running meter of beam or girder.

The second program «Design of optimum cross sections for post-tensioned prestressed concrete beams» enables the computer itself to find and analyse an optimum cross section from the structural and economic standpoint taking into account any preassigned conditions regarding the shape and the materials to be used. Thus starting from the live loads, the characteristics and unit costs of the materials and any conditions required regarding the shape of the cross section (for architectural reasons or for reuse of formwork) the computer in addition to the cross section geometric characteristics suplies: the initial and final prestressing forces, losses of prestress, constants of the net, the transformed and the composite sections, individual stresses due to the different loadings, combined initial and final stresses, principal tensiles tresses, ultimate bending moment, safety factors, quantities of material and total cost per running meter o beam or girder.

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC Registou, Nome..... Data...../...../..... Folha n.º 1

ESQUEMA DA SECÇÃO VERIFICADA



D_0	Coef. de det. do betão	C_c	3	D_4	Peso espec. do betão viga	γ_v	2.5×10^{-3} kg/cm³
D_1	Coef. de retracção do betão	δ_s	25×10^{-5}	D_5	Peso espec. do betão da lage	γ_l	2.5×10^{-3} kg/cm³
D_2	Coef. de relax. do aço	ψ	0.03	D_6	Mod. de elast. do betão viga	E_v	350×10^{-3} kg/cm³
D_3	Peso específico do aço	γ_a	$7{,}8\times10^{-3}$ kg/cm³	D_7	Módulo de elasticid. do aço	E_a	2100×10^{-3} kg/cm³

Referência n.º 70 002 — n = 67

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
bi	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	48	44	40	36	32	28	24
ci	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i	18	19	20	21	22	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
bi	20	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
ci	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
bi	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
ci	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
bi	18	18	18	18	18	32	60	88	100	100	100	100	100	100	100	100	
ci	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	90	90	99	90	90	90	
i	69	70	71	72	73	47	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
bi																	
ci																	
i	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100		
bi																	
ci																	

Fig. 1

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC Registou, Nome ..... Data ... /...../... Folha N.º 2

I1	Fibra correspondente ao nível da face inferior da lage	j	59
I2	Fibra corresp. ao nível de trans. da alma para o banzo inf.	c	18
D8	Vão teórico da viga	L	2500 cm
D9	Altura total do tabuleiro	H	134 cm
D10	Altura total da viga	h_v	134 cm
D11	Distância do apoio esquerdo à Secção 0	$x_0 = L/2$	1250 cm
D12	Distância do apoio esquerdo à Secção 1	$x_1 = L/3$	833 cm
D13	Distância do apoio esquerdo à Secção 2	$x_2 = L/6$	417 cm
D14	Distância do apoio esquerdo à Secção 3	x_3	115 cm
D15	Ordenada da trajectória res. do P.E. na Secção 0	y_0	12 cm
D16	Mom. devidos às sobrecargas na Secção 0	$(M_Q)_0$	100×10^5 kgf.cm
D17	Mom. devidos às sobrecargas na Secção 1	$(M_Q)_1$	83×10^5 kgf.cm
D18	Mom. devidos às sobrecargas na Secção 2	$(M_Q)_2$	37×10^5 kgf.cm
D19	Mom. devidos às sobrecargas na Secção 3	$(M_Q)_3$	18×10^5 kgf.cm
D20	Esforço transv. dev. às sobrecargas na Secção 0	$(T_Q)_0$	12 500 kgf
D21	Esforço transv. dev. às sobrecargas na Secção 1	$(T_Q)_1$	14 780 kgf
D22	Esforço transv. dev. às sobrecargas na Secção 2	$(T_Q)_2$	18 000 kgf
D23	Esforço transv. dev. às sobrecargas na Secção 3	$(T_Q)_3$	20 560 kgf
D24	Carga uniformemente distribuída de pavimentação	$W_{pav.}$	3,45 kgf.cm
D25	Módulo de elasticidade do betão da laje	E_b	350 000 kgf/cm²
D26	Tensão de rotura à compressão do betão da laje aos 28 dias	σ'_{rb}	— 400 kgf/cm²
D27	Tensão de segurança à compressão do betão da laje	R_i^t	— 140 kgf/cm²
D28	Tensão de rotura à compressão do betão da laje aos 28 dias	σ''_{rb}	— 400 kgf/cm²
D29	Tensão limite de tracção na face inferior da viga	R_i^t	10 kgf/cm²
D30	Tensão limite de compressão na face superior da viga	R_s^t	— 140 kgf/cm²
D31	Tensão de rotura do aço do P.E.	σ_{ra}	16 000 kgf/cm²
D32	Tensão de cedência do aço do P.E.	$\sigma_{0.2}$	14 000 kgf/cm²
D33	Tensão inicial do aço do P.E.	σ_i	10 500 kgf/cm²
D34	Pré-esforço inicial	F_i	300 000 kgf
D35	Área de aço do P.E.	A_a	28,5 cm²
D36	Coeficiente de área para bainhas de P.E.	θ	3
D37	Coeficiente de peso da viga para carlingas e engros. apoios	λ	0,125
D38	Densidade de aço macio no betão	ρ	100 kg/m³

Perfurou ...../...../..	Programa..... ....
Verificou ..... /. ..../.....	Cálculo Nº ....
Visto ...../...../..... ...	

Fig. 2

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC RESULTADOS DO CÁLCULO	Folha n.º 3

A_o	4 786,50 cm²	X	0,830	V_2	0,207 m³/m
A_v	5 014,50 cm²	F_f	249 139,000 kg	P_1	70,810 kg/m
A_t	6 454,50 cm²	V_1	0,501 m³/m	P_2	22,230 kg/m

	SECÇÃO 0	SECÇÃO 1	SECÇÃO 2	SECÇÃO 3	Unidade
γ	12,00	19,21	40,84	65,49	cm
V_0	76,88	76,37	76,37	75,93	cm
I_c	10 629 086,00	10 704 545,00	10 876 646,00	10 973 540,00	cm⁴
K_s	28,88	29,14	29,76	30,20	cm
K_i	38,88	39,67	39,43	39,48	cm
V	73,93	74,14	74,75	75,45	cm
I_v	11 545 218,00	11 425 173,00	11 425 173,00	10 997 231,00	cm⁴
R_i^o	— 203,46	— 186,45	— 137,51	— 84,33	kgf/cm²
R_s^o	41,92	29,65	— 6,20	— 46,11	kgf/cm²
R_i^I	— 168,97	— 154,84	— 114,20	— 70,04	kgf/cm²
R_s^I	34,81	24,62	— 5,15	— 38,29	kgf/cm²
M_v	9 793 945,00	8 703 987,00	5 444 562,00	1 719 190,00	kgf.cm
R_i^{II}	70,84	62,41	38,23	11,89	kgf/cm²
R_s^{II}	— 52,63	— 46,55	— 28,85	— 9,10	kgf/cm²
M_l	4 036 743,00	3 587 498,00	2 244 562,00	708 594,00	kgf.cm
R_i^{III}	25,85	23,28	15,04	4,86	kgf/cm²
R_s^{III}	— 21,00	— 18,80	— 11,92	— 3,77	kgf/cm²
V_t	85,35	85,71	86,18	86,73	cm
I_t	14 609 056,00	14 465 191,00	14 120 500,00	13 887 556,00	cm⁴
M_{pav}	2 695 312,00	2 395 354,00	1 498 354,00	473 124,00	kgf.cm
R_i^{IV}	15,78	14,19	9,15	2,95	kgf/cm²
R_s^{IV}	— 8,94	— 8,00	— 5,07	— 1,61	kgf/cm²
$R_{s,l}^{IV}$	— 8,94	— 8,00	— 5,07	— 1,61	kgf/cm²
$R_{i,l}^{IV}$	— 5,99	— 5,35	— 3,38	— 1,07	kgf/cm²
R_i^V	58,56	49,18	22,58	11,24	kgf/cm²
R_s^V	— 33,17	— 27,71	— 12,53	— 6,13	kgf/cm²
$R_{s,l}^V$	— 33,17	— 27,71	— 12,53	— 6,13	kgf/cm²
$R_{i,l}^V$	— 22,11	— 18,53	— 8,34	— 4,05	kgf/cm²
R_i^o	— 132,62	— 124,04	— 99,29	— 72,44	kgf/cm²
R_s^o	— 10,71	— 16,90	— 35,05	— 55,21	kgf/cm²

Fig. 3

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC RESULTADOS DO CÁLCULO — Folha n.º 4				
	SECÇÃO 0	SECÇÃO 1	SECÇÃO 2	SECÇÃO 3	UNIDADE
R_i	2,06	— 5,78	— 29,20	— 39,00	kgf/cm²
R_s	— 80,93	— 76,43	— 63,52	— 58,90	kgf/cm²
$R_{s,1}$	— 42,11	— 35,71	— 17,60	— 7,74	kgf/cm²
$R_{i,1}$	— 38,20	— 23,88	— 11,71	— 5,12	kgf/cm²
M^1_Q	11 355 513,00	10 964 081,00	10 122 999,00	9 658 753,00	kgf.cm
M^2_Q	27 811 804,00	27 339 760,00	26 284 769,00	25 623 233,00	kgf.cm
M^3_Q	39 516 455,00	39 538 469,00	39 854 985,00	40 653 445,00	kgf.cm
M^4_Q	60 328 015,00	60 314 890,00	60 636 254,00	61 696 719,00	kgf.cm
$M_{rot.}$	53 352 000,00	50 064 706,00	40 202 822,00	28 959 697,00	kgf.cm
f_1	2,01	2,18	3,12	6,16	
f_2	3,68	4,26	8,38	14,48	
$T_{c\,p.}$	0	8 821,00	17 621,00	24 089,00	kgf
$T_{p.e.}$	0	— 621,00	— 17 642,00	— 23 484,00	kgf
T_t	12 500,00	14 980,00	18 379,00	21 085,00	kgf
Q_f	14 098,00	139 483,00	137 636,00	135 530,00	cm³
t_f	6,66	8,02	9,95	11,43	kgf/cm²
R_f^I	— 38,87	— 40,06	— 44,06	49,49	kgf/cm²
R_f^{II}	— 7,99	— 7,28	— 4,91	— 1,69	kgf/cm²
R_f^{III}	— 4,06	— 3,63	— 2,30	— 8,73	kgf/cm²
R_f	— 50.92	— 50,97	— 51,28	— 51,91	kgf/cm²
S_f	0,86	1,23	1,68	2,41	kgf/cm²
Q_c	118 006,00	117 247,00	114 970,00	112 375,00	cm³
t_c	5,61	6,75	8,31	9,48	kgf/cm²
R_c^I	— 114,22	— 106,63	— 84,90	— 61,51	kgf/cm²
R_c^{II}	37,67	33,14	20,21	6,25	kgf/cm²
R_c^{III}	13,26	11,97	7,80	2,54	kgf/cm²
R_c^{IV}	9,14	8,23	5,33	1,73	kgf/cm²
R_c^V	33,92	— 28,52	13,15	6,58	kgf/cm²
R_c	— 20,23	— 24,77	— 38 42	— 44,41	kgf/cm²
S_c	1,45	1,82	1,72	1,94	kgf/cm²

Preencheu...../...../.. .....
Verificou ...../...../.....
Visto ...../...../.....

Programa..... ....
Cálculo Nº .....

Fig. 4

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC Registou, Nome..... ..... Data...../...../..... Folha N.º 5

NOTAÇÕES

A_o	Área da secção transversal não homogeneizada da viga
A_v	Área da secção transversal homogeneizada da viga
A_t	Área da secção transversal total da viga e laje (secção composta)
X	Coeficiente de redução do pré-esforço devido a perdas de fluência e retracção do betão e relaxação das armaduras
F_f	Pré-esforço final
V_1	Volume de betão da viga por metro linear da viga
V_2	Volume de betão da laje e carlingas por metro linear de viga
P_1	Peso das armaduras de aço macio por metro linear de viga
P_2	Peso das armaduras de aço de pré-esforço por metro linear de viga
y	Ordenada da trajectória resultante dos cabos de pré-esforço
V_o	Ordenada do centro de gravidade da secção não homogeneizada de viga
I_o	Momento de inércia da secção não homogeneizada da viga
K_s	Limite superior do núcleo central da secção não homogeneizada da viga
K_i	Limite inferior do núcleo central da secção não homogeneizada da viga
V	Ordenada do centro de gravidade da secção homogeneizada da viga
I_v	Momento de inércia da secção homogeneizada da viga
R_i^o	Tensão inicial de p. e. na fibra inferior da viga
R_s^o	Tensão inicial de p. e. na fibra superior da viga
R_i^I	Tensão final de p. e. na fibra inferior da viga
R_s^I	Tensão final de p. e. na fibra superior da viga
M_v	Momento flector devido ao p. p. da viga
R_i^{II}	Tensão na fibra inferior da viga devida a M_v
R_s^{II}	Tensão na fibra superior da viga devida a M_v
M_l	Momento flector devido ao p. p. da laje e carlingas
R_i^{III}	Tensão da fibra inferior da viga devida a M_l
R_s^{III}	Tensão na fibra superior da viga devida a M_l
V_t	Ordenada do centro de gravidade da secção composta
I_t	Momento de inércia da secção composta
$M_{pav.}$	Momento flector devido ao p. p. da pavimentação
R_i^{IV}	Tensão na fibra inferior da viga devida $M_{pav.}$
R_s^{IV}	Tensão na fibra superior da viga devida a $M_{pav.}$
$R_{s,i}^{IV}$	Tensão na fibra superior da laje devida a $M_{pav.}$
$R_{i,i}^{IV}$	Tensão da fibra inferior da laje devida a $M_{pav.}$
R_i^V	Tensão da fibra inferior da viga devida a M_Q
R_s^V	Tensão na fibra superior da viga devida a M_Q

Fig. 5

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC Registou, Nome..... .... Data... ../ ...../ ..... Folha n.º 6

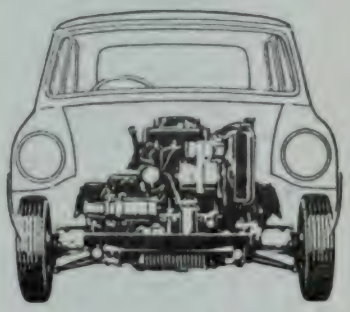
NOTAÇÕES

$R^{V}_{s,l}$	Tensão na fibra superior da laje devida a M_Q
$R^{V}_{i,l}$	Tensão na fibra inferior da laje devida a M_Q
R^{o}_{i}	Tensão na fibra inferior da viga devida a $P_e + M_v$
R^{o}_{s}	Tensão na fibra superior da viga devida a $P_e + M_v$
R_i	Tensão na fibra inferior da viga devida a $P_e + M_v + M_l + M_{pav.} + M_Q$
R_s	Tensão na fibra superior da viga devida a $P_e + M_v + M_l\ M_{pav.} + M_Q$
$R_{s,l}$	Tensão na fibra superior da laje devida a $M_{pav.} + M_Q$
$R_{i,l}$	Tensão na fibra inferior da laje devida a $M_{pav.} + M_Q$
M^{1}_{Q}	Momento flector de sobrecarga para a tensão limite de tracção na fibra inferior da viga
M^{2}_{Q}	Idem para a tensão de segurança à comp. na fibra superior da viga
M^{3}_{Q}	Idem para a tensão de segurança à comp. na fibra superior da laje
M^{4}_{Q}	Idem para a tensão de segurança à comp. na fibra inferior da laje
$M_{rot.}$	Momento de rotura
f_1	Factor de segurança à rotura
f_2	Idem
T_{cp}	Esforço transverso devido às cargas permanentes
T_{pe}	Esforço transverso devido ao P_e
T_t	Esforço transverso total
Q_f	Momento estático acima de «f»
t_f	Tensão tangencial em «f»
R^{I}_{f}	Tensão final de p. e. em «f»
R^{II}_{f}	Tensão em «f» devida a M_v
R^{III}_{f}	Tensão em «f» devida a M_l
R_f	Tensão total em «f»
S_f	Tensão principal «oblíqua» em «f»
Q_c	Momento estático abaixo de «c»
t_c	Tensão tangencial em «c»
R^{I}_{c}	Tensão final de p. e. em «c»
R^{II}_{c}	Tensão em «c» devida a M_v
R^{III}_{c}	Tensão em «c» devida a M_l
R^{IV}_{c}	Tensão em «c» devida a $M_{pav.}$
R^{V}_{c}	Tensão em «c» devida a M_Q
R_c	Tensão total em «c»
S_c	Tensão principal «oblíqua» em «c»

Fig. 6

AUSTIN SEVEN MINI 850

SIGA BEM **NA FRENTE**
COM **AUSTIN MINI**

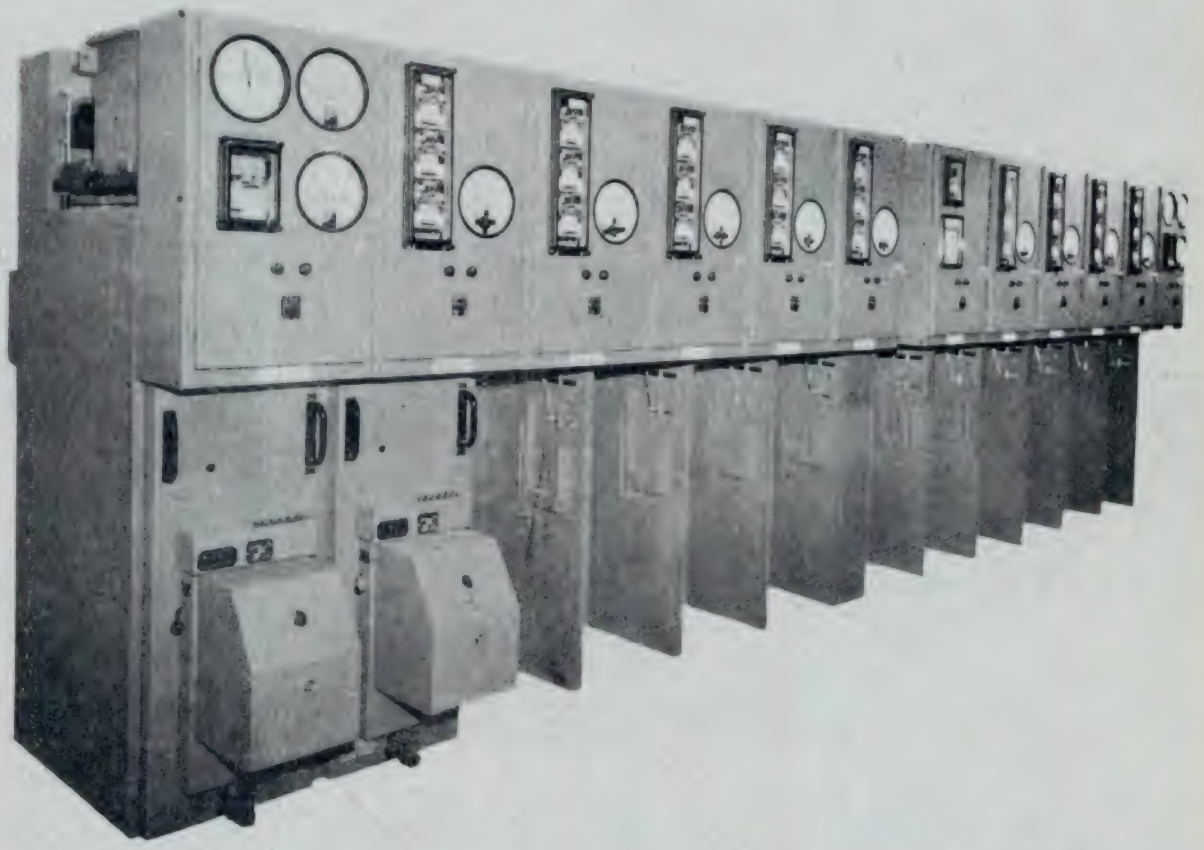


motor e transmis
são à frente para
segurança e poder
de tracção

AGORA COM SUSPENSÃO "HYDROLASTIC".

DISTRIBUIDORES GERAIS J. J. GONCALVES SUCESSORES
Lisboa · Porto · Evora · Braga · Santarém — Agentes em todos os distritos

Um dos Quadros de Alta Tensão
fornecidos à
PUBLIC POWER CORPORATION
de Atenas

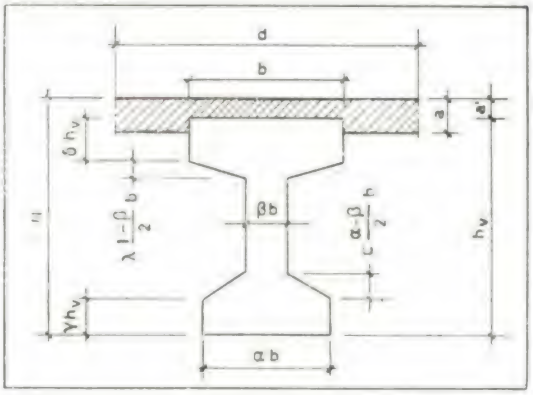


e fabricados
nas nossas oficinas sob licença da
ENGLISH ELECTRIC COMPANY
England

ELECTRO TÉCNICOS
ELECTROTÉCNICOS REUNIDOS, L.DA

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS POST-TENSIONADAS ESCOLHA DE SECÇÕES Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC Registou, Nome..... ..... Data...../...../..... Folha N.º 1

M_q	100×10^5 kgf.cm
M_{pav}	27×10^5 kgf.cm
d	190 cm
L	2500 cm
x	1250 cm
a	16 cm
T_q	12500 kgf
T_{pav}	0 kgf
R_s^t	10 kgf/cm²
R'^t_s	— 120 kgf/cm²
R_i^t	10 kgf/cm²
R'^t_i	— 140 kgf/cm²
R'^t_1	— 100 kgf/cm²
E_v	350×10^3 kgf/cm²
E_b	240×10^3 kgf/cm²
E_a	2100×10^3 kgf/cm²
γ_v	2.5×10^{-3} kgf/cm³
γ_b	2.5×10^{-3} kgf/cm³
γ_a	7.8×10^{-3} kgf/cm³
C_c	3
δ_s	25×10^{-5}
ψ	0.03
σ'_{rb}	— 300 kgf/cm²
σ''_{rb}	— 400 kgf/cm²
σ_{ra}	16000 kgf/cm²
σ_i	10500 kgf/cm²
Θ	3



f	12 cm
X	0 cm
(αb) min	30 cm
(εb) min	10 cm
(δh_v) min	15 cm
(γh_v) min	15 cm
h_v	0 cm
b	0 cm
(αb)	0 cm
(εb)	12 cm
(δh_v)	16 cm
(γh_v)	20 cm
λ	0
ε	0
a'	0 cm
C_1	1240 Esc/m³
C_2	1320 Esc/m³
C_3	25 Esc/kg
C_4	75 Esc/m²
F_1	0 kgf

Fig. 7

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS POST-TENSIONADAS ESCOLHA DE SECÇÕES Problema — EXEMPLO Requerente — LNEC Registou, Nome..... ..... Data...../...../..... Folha N.º 2

Parâmetros variáveis			
		α_1	0.20
		α_2	0.40
		α_3	0.60
$b1$	30 cm	α_4	0.80
$b2$	40 cm	α_5	1.00
$b3$	50 cm	α_6	1.25
$b4$	60 cm	α_7	1.50
$b5$	70 cm	α_8	2.00
$b6$	80 cm	$\beta_1\ b_i$	10.0 cm
$b7$	90 cm	$\beta_2\ b_i$	12.5 cm
$b8$	100 cm	$\beta_3\ b_i$	15.0 cm
$b9$	110 cm	$\beta_4\ b_i$	17.5 cm
$b10$	120 cm	$\beta_5\ b_i$	25.5 cm
$b11$	130 cm	$\delta_1\ h_v$	15 cm
$b12$	140 cm	$\delta_2\ h_v$	20 cm
$b13$	150 cm	$\delta_3\ h_3$	25 cm
$b14$	160 cm	$\gamma_1\ h_v$	20 cm
$b15$	170 cm	$\gamma_2\ h_v$	30 cm
$b16$	180 cm	$\gamma_3\ h_v$	40 cm
$b17$	190 cm	a'_1	0 cm
$b18$	200 cm	a'_2	13 cm

Perfurou ...../...../.....	Programa .....
Verificou ..... /...../..... ...	Cálculo N.º .....
Visto ..../...../.....	

Fig. 8

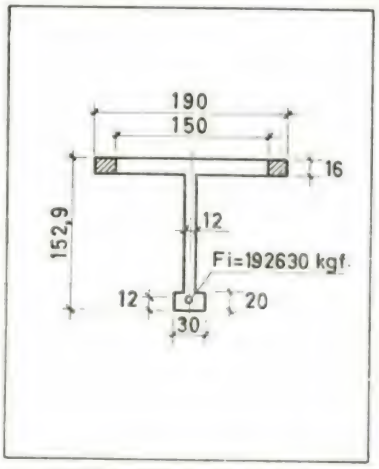
M. O. P.
L. N. E. C.
SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES
Divisão de Mecânica Aplicada

VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS

Problema — EXEMPLO
Requerente — LNEC

RESULTADOS DO CÁLCULO — Folha n.º 1

F_i	192 630 kgf	b	150.0 cm
χ	0.857	αb	30.0 cm
F_f	165 021 kgf	βb	12.0 cm
Δ	12.0 cm	δh_v	16.0 cm
H	152.9 cm	γh_v	20.0 cm
d	190.0 cm	λ ( )	0.0 cm
h_v	152.9 cm	ε ( )	0.0 cm



A_o	4347.18 cm²	R_i^I	−183.66 kgf/cm²	M_{tot}	40 496 997 kgf.cm
C_s^o	46.36 cm	R_s^I	25.46 kgf/cm²	f_1	1.78
C_i^o	106.50 cm	R_i^{II}	79.33 kgf/cm²	f_2	2.78
I_o	11 398 263 cm⁴	R_s^{II}	−34.53 kgf/cm²	T_v	0 kgf
r_o^2	2621.99 cm²	R_i^{III}	12.55 kgf/cm²	T_l	0 kgf
k_s^o	24.62 cm	R_s^{III}	−6.00 kgf/cm²	Q_f'	97 584 cm²
k_i^o	56.56 cm	R_i^{IV}	21.64 kgf/cm²	Q_f''	112 508 cm³
A_v	4492.13 cm⁴	R_s^{IV}	−9.25 kgf/cm²	t_v	0.00 kgf cm²
C_s	49.45 cm	R_{sl}^{IV}	−9.25 kgf/cm²	t_l	0.00 kgf/cm²
C_i	103.41 cm	R_{il}^{IV}	−6.01 kgf/cm²	t_{pav}	0.00 kgf/cm²
I_v	12 667 619 cm⁴	R_i^V	80.14 kgf/cm²	t_q	8.77 kgf/cm²
A_t	4932.98 cm²	R_s^V	−24.24 kgf/cm²	R_f^I	−37.14 kgf/cm²
C_{sl}^t	45.76 cm	R_{sl}^V	−24.24 kgf/cm²	R_f^{II}	−0.44 kgf/cm²
C_s^t	45.76 cm	R_{il}^V	−22.27 kgf/cm²	R_f^{III}	−0.45 kgf/cm²
C_i^t	107.10 cm	$R_{i'}^o$	−135.07 kgf/cm²	S_f	1.92 kgf/cm²
I_t	13 363 803 cm⁴	$R_{s'}^o$	−4.81 kgf/cm²	V_1	0.45 m³/m
M_v	8 490 588 Kgf.cm	R_i	10.00 kgf/cm²	V_2	0.06 m³/m
M_l	1 537 003 Kgf.cm	R_s	−58.56 kgf/cm²	P	14.33 kg/m
R_i^o	−214.40 Kgf/cm²	R_{sl}	−43.49 kgf/cm²	S	5.32 m²/m
R_s^o	29.42 Kgf/cm²	R_{il}	−28.28 kgf/cm²	C	1399 Esc/m

Verificou...../...../.....

Visto...../...../.....

Programa.....

Cálculo N.º .....

Fig. 9

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS ESCOLHA DE SECÇÕES NOTAÇÕES Folha n.º 1
M_q	Momento devido às sobrecargas na secção considerada
M_{pav}	Momento devido às cargas de pavimentação na secção considerada
d	Distância transversal entre eixos de vigas.
L	Vão teórico da viga
x	Distância do apoio esquerdo da viga à secção considerada
a	Espessura da laje da faixa de rolagem
T_q	Esforço transverso devido às sobrecargas na secção considerada
T_{pav}	Esforço transverso devido às cargas de pavimentação na secção considerada
R_s^t	Tensão máxima de tracção a admitir na fibra superior da viga
$R_s^{'t}$	Tensão máxima de compressão a admitir na fibra superior da viga
R_i^t	Tensão máxima de tracção a admitir na fibra inferior da viga
$R_i^{'t}$	Tensão máxima de compressão a admitir na fibra inferior da viga
$R_l^{'t}$	Tensão máxima de compressão a admitir na fibra superior da laje
E_v	Módulo de elasticidade do betão da viga
E_b	Módulo de elasticidade do betão da laje
E_a	Módulo de elasticidade do aço de pré-esforço
γ_v	Peso específico do betão da viga
γ_b	Peso específico do betão da laje
γ_a	Peso específico do aço de pré-esforco
C_c	Coeficiente de deformabilidade do betão da viga
δ_s	Coeficiente de retracção do betão da viga
ω	Coeficiente de relaxação do aço de pré-esforço
σ'_{rb}	Tensão de rotura à compressão, aos 28 dias, do betão da laje
σ''_{rb}	Tensão de rotura à compressão, aos 28 dias, do betão da viga
σ_{ra}	Tensão de rotura do aço de pré-esforço
σ_i	Tensão inicial do aço de pré-esforço
θ	Coeficiente de equivalência da área das bainhas de pré-esforço
f	Distância mínima a contar da fibra inferior para localização do centroide do pré--esforço
χ	Coeficiente de redução do pré-esforço inicial devido às perdas de fluência e retracção do betão e relaxação das armaduras
(αb) min	Largura mínima a admitir para o banzo inferior da viga
(βb) min	Espessura mínima a admitir para a alma da viga
(δh_v) min	Espessura mínima a admitir para o banzo superior da viga
(γh_v) min	Espessura mínima a admitir para o banzo inferior da viga
h_v	Altura da viga
b	Largura do banzo superior da viga
(αb)	Largura do banzo inferior da viga
(βb)	Espessura da alma da viga

Fig. 10

M. O. P. L. N. E. C. SERVIÇO DE EDIFÍCIOS E PONTES Divisão de Mecânica Aplicada	VIGAS PRÉ-ESFORÇADAS PÓS-TENSIONADAS ESCOLHA DE SECÇÕES NOTAÇÕES Folha n.º 2
(δh_v)	Espessura do banzo superior da viga
(γh_v)	Espessura do banzo inferior da viga
λ	Inclinação dos esquadros superiores da viga
ε	Inclinação dos esquadros inferiores da viga
a'	Espessuara da laje da faixa de rolagem sobreposta à fibra superior da viga
c_1	Custo por m^3 do betão da viga incluindo as armaduras de aço macio
c_2	Custo por m^3 do betão da laje incluindo as armaduras de aço macio
c_3	Custo por kg do aço de pré-esforço
c_4	Custo por m^2 da cofragem
F_i	Pré-esforço inicial
F_f	Pré-esforço final
Δ	Localização do centroide do pré-esforço relativamente à fibra inferior da viga
H	Altura total da secção
A_o	Area da secção não homogeneizada da viga
C_s^o	Distâncio do c. d. g. de A_o à fibra superior da viga
C_i^o	Distância do c. d. g. da A_o à fibra inferior da curva
I_o	Momento de inércia da secção não homogeneizada da viga
r_o^2	Raio de giração (ao quadrado) da secção não homogeneizada da viga
K_s^o	Limite superior do núcleo central da secção não homogeneizada da viga
K_i^o	Limite inferior do núcleo central da secção não homogeneizada da viga
A_v	Área da secção homogeneizada da viga
C_s	Distância do c. d. g. de A_v à firma superior da viga
C_i	Distância do c. d. g. de A_v à fibra inferior da viga
I_v	Momento de inércia da secção homogeneizada da viga
A_t	Área equivalente da secção composta da viga e laje
C_{s1}^t	Distância do c. d. g. de A_t à fibra superior da laje
C_s^t	Distância do c. d. g. de A_t à fibra superior da viga
C_i^t	Distância do c. d. g. de A_t à fibra inferior da viga
I_t	Momento de inércia da secção composta da viga e laje
M_v	Momento flector devido ao peso próprio da viga
M_l	Momento flector devido ao peso própria da laje
R_i^o	Tensão inicial devida ao pré-esforço na fibra inferior da viga
R_s^o	Tensão inicial devida ao pré-esforço na fibra superior da viga
R_i^I	Tensão final devida ao pré-esforço na fibra inferior da viga
R_s^I	Tensão final devida ao pré-esforço na fibra superior da viga
R_i^{II}	Tensão devida a M_v na fibra inferior da viga
R_s^{II}	Tensão devida a M_v na fibra superior da viga

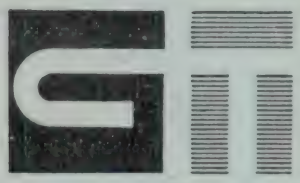
Fig. 11

NOTAÇÕES

R_i^{III}	Tensão devida a M_l na fibra inferior da viga
R_s^{III}	Tensão devida a M_l na fibra superior da viga
R_i^{IV}	Tensão devida a M_{pav} na fibra inferior da viga
R_s^{IV}	Tensão devida a M_{pav} na fibra superior da viga
$R_{s,l}^{IV}$	Tensão devida a M_{pav} na fibra superior da laje
R_{il}^{IV}	Tensão devida a M_{pav} na fibra inferior da laje
R_i^{V}	Tensão devida a M_q na fibra inferior da viga
R_s^{V}	Tensão devida a M_q na fibra superior da viga
R_{sl}^{V}	Tensão devida a M_q na fibra superior da laje
R_{il}^{V}	Tensão devida a M_q na fibra inferior da laje
$R_{i'}^{o}$	Tensão devida ao pré-esforço inicial + M_v na fibra inferior da viga
$R_{s'}^{o}$	Tensão devida ao pré-esforço inicial + M_v na fibra superior da viga
R_i	Tensão devida ao pré-esforço final + M_v + M_l + M_{pav} + M_q na fibra inferior da viga
R_s	Tensão devida ao pré-esforço final + M_v + M_l + M_{pav} + M_q na fibra superior da viga
R_{sl}	Tensão devida a M_{pav} + M_q na fibra superior da laje
R_{il}	Tensão devida a M_{pav} + M_q na fibra inferior da laje
M_{rot}	Momento de rotura
f_1	Coeficiente de segurança à rotura
f_2	Coeficiente de segurança à rotura
T_v	Esforço transverso devido ao peso próprio da viga
T_l	Esforço transverso devido ao peso próprio da lage
Q'_f	Momento estático da secção acima de f rel.te a um eixo passando pelo c. d. g. da viga simples
Q''_f	Momento estático da secção rel. ao eixo f passando pelo c. d. g. da viga composta
t_v	Tensão tangencial devida ao peso próprio da viga
t_l	Tensão tangencial devida ao peso próprio da laje
t_{pav}	Tensão tangencial devida ao peso próprio da pavimentação
t_q	Tensão tangencial devida às sobrecargas
R_f^{I}	Tensão final de pré-esforço em «f»
R_f^{II}	Tensão devida a M_v em «f»
R_f^{III}	Tensão devida a M_l em «f»
S_f	Tensão principal oblíqua em «f»
V_1	Volume de betão da viga por metro linear de viga
V_2	Volume de betão da laje por metro linear de viga
P	Peso das armaduras de aço de pré-esforço por metro linear de viga
S	Superfície de cofragem por metro linear de viga
C	Custo total por metro linear de viga

Fig. 12

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.



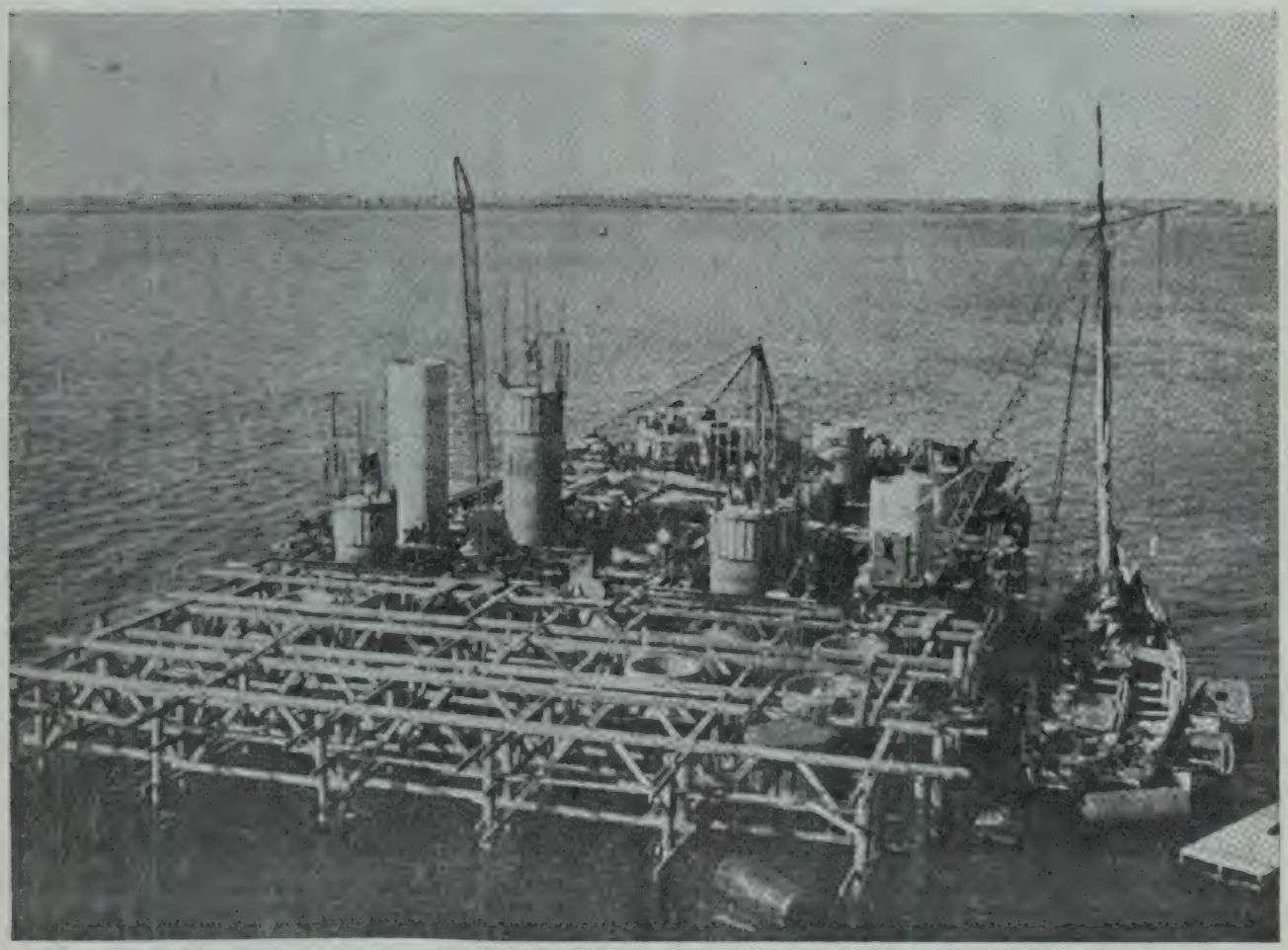
PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13 - 3.º - LISBOA - 2

TEL. 36 65 06

SONDAGENS • FUNDAÇÕES • TRABALHOS MARÍTIMOS

PONTES E ESTRUTURAS

CIDLA — COMBUSTÍVEIS INDUSTRIAIS E DOMESTICOS — S.A.R.L.



POSTO DE ACOSTAGEM PARA NAVIOS DE 5000 t.

EM CONSTRUÇÃO NO

ROSAIRINHO DA MOITA

Projecto e Execução de CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

MUDANÇAS DE ÓLEO LONGLIFE AOS 15.000 KMS.

C. D. U. 534.111

ESTUDO DE UM MOVIMENTO VIBRATÓRIO NÃO LINEAR COM ELASTICIDADE DO TIPO $k(x \pm \varepsilon x^3)$

POR HENRIQUE LUÍS SANCHES E BRITO
(Do Curso de Engenharia Mecânica)

RESUMO

Apresenta-se um método de determinação das funções $x = x(t)$, $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ e do período, de sistemas vibratórios de modelo matemático $\ddot{x} + f(x) = o$; aplicando-o depois no estudo dum movimento livre, não amortecido, de elasticidade do tipo $k(x \pm \varepsilon x^3)$

I — INTRODUÇÃO

Os sistemas de um grau de liberdade, de elasticidade $k(x \pm \varepsilon x^3)$, não amortecidos e em regime livre, têm como modelo matemático:

$$m\ddot{x} + k(x \pm \varepsilon x^3) = 0$$

ou

$$\ddot{x} + w_0^2 (x \pm \varepsilon x^3) = 0 \qquad (1)$$

sendo:

x — variável real

$\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$

k — característica da mola linear, equivalente na zona de deformações infinitesimais

$w_0 = \frac{k}{m}$

ε — factor de não linearidade

Como exemplo dum sistema vibratório cujo modelo matemático é (1), temos as molas de lâminas múltiplas, formadas por um conjunto de lâminas trapezóidais ou rectangulares de comprimento sucessivamente decrescente.

Os sistemas descritos em 1, têm sido estudados exaustivamente em vários artigos publicados pelo Sr. Eng.º Neves da Silva na revista «Técnica» n.ºs 332, 340 e 341.

2 — ESTUDO DO MODELO MATEMÁTICO

O Sr. Professor Engenheiro A. Gouvêa Portela, partindo dum modelo matemático mais genérico do que o referido em 1, com a forma

$$\ddot{x} + f(x) = 0 \qquad (2)$$

sugeriu-me o tratamento formal que neste segundo capítulo apresentamos e descrevemos, permitindo determinar as funções $\dot{x} = \frac{dt}{dx}$, $x = x(t)$ e o período, conherida a função $f(x)$.

2.1 — *Caracterização de f (x)*

— x é uma variável real

— $f(x)$ é uma função real, duma variável real, satisfazendo às seguintes condições no domínio X da sua utilização:

— Contínua em X.

— Unívoca em X, isto é, a cada valor de x corresponde um só valor de $f(x)$. A recíproca pode não ser verdadeira.

— É limitada em X, isto é, $|f(x)| < A < \infty$ para $x \in X$.

2.2 — *Definição de ponto de partida*

No referencial (f, x), ponto de partida será todo o ponto $P_a[f(x_a), x_a]$ tal que satisfaça às seguintes condições:

— $x_a \in X$

— $\dot{x}_a = \left(\frac{dx}{dt}\right)_a = 0$

2.3 — *Critério de estabilidade*

— Definição

Um sistema nas condições 2.1 diz-se estável, a partir dum ponto P_a nas condições 2.2, quando:

$$\int_{x_a}^{x} f(x)\, dx < 0 \quad \text{com} \quad x = x_a + \Delta x \qquad (3)$$

Existir um ponto x_b tal que

$$\int_{x_a}^{x_b} f(x)\, dx = 0 \quad \text{com} \quad x_b = x_a + \Delta x_b \qquad (4)$$

sendo Δx_b do mesmo sinal de Δx e

$$|\Delta x_b| > |\Delta x|$$

— Justificação

Um critério de estabilidade não necessita formalmente de justificação. Terá, no entanto, interesse, mostrar que ele não é fisicamente aberrante.

— De (2) vem:

$$\ddot{x}\, dx + f(x)\, dx = 0 \qquad (dx \neq 0)$$

Integrando a partir de x_a, teremos:

$$\frac{1}{2}\,[\dot{x}^2 - \dot{x}_a^2] + \int_{x_a}^{x} f(x)\, dx = 0$$

mas, da definição de ponto de partida, é $\dot{x}_a = 0$, e então a expressão reduz-se a

$$\boxed{\frac{1}{2}\,\dot{x}^2 = -\int_{x_a}^{x} f\ x)\, dx} \qquad (5)$$

Como $\dot{x}$ é real, terá de ser

$$\int_{x_a}^{x} f(x)\, dx < 0$$

o que justifica (3).

O sistema só terá amplitude finita, ou seja, $x \in X$, se existir um $x_b \in X$ tal que $\dot{x}_b = 0$, então:

$$\int_{x_a}^{x_b} f(x)\, dx = 0$$

o que justifica (4).

2.4 — *Algumas considerações de interesse prático*

Das definições apresentadas, é possível extrair algumas conclusões com interesse na prática.

2.4.1 — *Raízes da função f (x)*

No intervalo (x_b, x_a), a função f (x) tem pelo menos uma raiz real.

Com efeito, se $f(x_a) > 0$ será $f(x_b) < 0$.

Porque f (x) é contínua em $x \in X$, haverá um ou mais x_i tais que $f(x_i) = 0$, sendo $x_i \in (x_b, x_a)$.

O mesmo se concluiria se fosse $f(x_a) < 0$ e $f(x_b) > 0$.

2.4.2 — *Mudança de variáveis*

A propriedade de f (x) indicada permite escolher para referencial um sistema de eixos cuja origem esteja num dos pontos x_i raízes de f (x).

Introduzindo

$$y = x - x_i$$
$$\varphi(y) = f(x)$$

será

$$\dot{y} = \dot{x} \qquad \ddot{y} = \ddot{x}$$
$$\varphi(0) = f(x_i)$$

A equação (2) poder-se-á escrever

$$\ddot{y} + \varphi(y) = 0$$

Em muitos casos, esta equação será preferível à equação (2).

2.5 — *Período de oscilação*

$$dx = \dot{x}\, dt \qquad \frac{dx}{\dot{x}} = dt \quad \text{se} \quad \dot{x} \neq 0 \qquad (6)$$

Seja A o conjunto fechado cujos elementos satisfazem a $x \in (x_b, x_a)$.

Seja A′ o conjunto aberto, obtido a partir de A por supressão dos dois pontos x_a e x_b, onde $\dot{x} = 0$.

O conjunto (A — A′) tem medida nula e portanto é legítimo substituir A por A′. Em A′ será sempre $\dot{x} \neq 0$.

De (6) resulta que, por substituição de $\dot{x}$ em (4) e por integração, se obtém:

$$\boxed{t - t_a = \int_{x_a}^{x} \left[-2\int_{x_a}^{x} f(x)\, dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx} \qquad (7)$$

Daremos o nome de meio período, τ_{ba}, a:

$$\tau_{ba} = t_b - t_a = \int_{x_a}^{x_b} \left[-2\int_{x_a}^{x} f(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

Sendo x_i uma das raízes de $f(x)$, $x_i \varepsilon (x_b, x_a)$ será

$$\tau_{ia} = t_i - t_a = \int_{x_a}^{x_i} \left[-2\int_{x_a}^{x_i} f(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

Se f (x) for anti-simétrica, será

$$\tau_{ia} = \tau_{bi}$$

O período de oscilação será então:

$$\tau = 4\ \tau_{ia} = 4\ \tau_{bi} = 4\ \tau_{ib} = 4\ \tau_{ai}$$

Se $f(x)$ não for anti-simétrica, existem então duas funções anti-simétricas $f^+(x)$ e $f^-(x)$ tais que

$$\text{para } x \varepsilon (x_b, x_i): \begin{cases} f^+(x) = f(x) \\ f^+(x) = -f^+(2x_i - x) \end{cases}$$

$$\text{para } x \varepsilon (x_i, x_a): \begin{cases} f^-(x) = f(x) \\ f^-(x) = -f^-(2x_i - x) \end{cases}$$

Será então:

$$\tau_{ia} = \int_{x_a}^{x_i} \left[-2\int_{x_a}^{x_i} f(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx =$$

$$= \int_{x_a}^{x_i} \left[-2\int_{x_a}^{x_i} f^-(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

$$\tau_{bi} = \int_{x_i}^{x_b} \left[-2\int_{x_i}^{x_b} f(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx =$$

$$= \int_{x_i}^{x_b} \left[-2\int_{x_i}^{x_b} f^+(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

Como o período de oscilação é:

$$\tau = 2\,(\tau_{ia} + \tau_{bi})$$

vem

$$\tau = 2\int_{x_a}^{x_i} \left[-2\int_{x_a}^{x_i} f^-(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx +$$

$$+ 2\int_{x_i}^{x_b} \left[-2\int_{x_i}^{x_b} f^+(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

Designando por τ^+ e τ^- os períodos dos sistemas de elasticidade $f^+(x)$ e $f^-(x)$ respectivamente, tem-se:

$$\tau^+ = 4\int_{x_i}^{x_b} \left[-2\int_{x_i}^{x_b} f^+(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

$$\tau^- = 4\int_{x_a}^{x_i} \left[-2\int_{x_a}^{x_i} f^-(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

e será portanto

$$\tau = \frac{\tau^+ + \tau^-}{2}$$

Definindo frequência do sistema por $f = \frac{1}{\tau}$ será

$$f = \frac{2}{\frac{1}{f^+} + \frac{1}{f^-}}$$

Designam-se por sistemas *anti-simétricos derivados,* os sistemas de elasticidade $f^+(x)$ e $f^-(x)$.

Assim, para o sistema dado

$$\ddot{x} + f(x) = 0$$

Os sistemas anti-simétricos derivados serão

$$\ddot{x} + f^+(x) = 0$$
$$\ddot{x} + f^-(x) = 0$$

2.6 — *Cálculo gráfico*

Vamos escolher um referencial (φ, y) que tenha a origem numa das raízes da função φ.

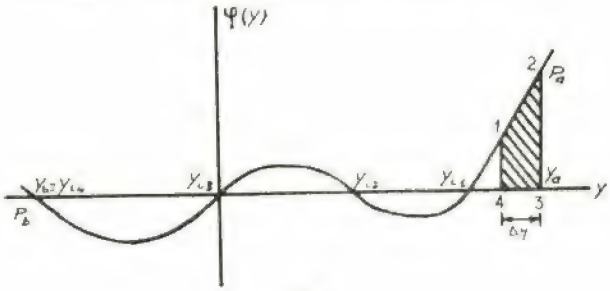


Fig. 1

2.6.1 — *Determinação gráfica de* $\dot{y}$

A área 1-2-3-4, indicada na figura 1, tem como valor o integral

$$z(y_j) = \int_{y_a}^{y_j} \varphi(y)\,dy$$

Medindo, a partir de P_a, sucessivas áreas (por exemplo com o planímetro) de base Δy crescente, obter-se-ão os valores de $z(y)$.

É de notar que, seguindo este processo os erros não se acumulam.

A operação terminará no ponto $P_b\,[\varphi\,(y_b),\, y_b]$, para o qual é $z\,(y_b) = 0$.

Atendendo à expressão (5), a velocidade $\dot{y}$ será dada por

$$\dot{y} = [-2z\,(y)]^{\frac{1}{2}}$$

Portanto, conhecida a função $z\,(y)$, obtém-se imediatamente $\dot{y} = \dot{y}\,(y)$, sendo $\dot{y} = \dot{x}$.

2.6.2 — *Determinação gráfica do período do movimento*

Como vimos em 2.5, o período do movimento é dado por:

$$\tau_{ba} = \int_{y_a}^{y_b} [-2\,z\,(y)]^{-\frac{1}{2}}\,dy = \int_{y_a}^{y_b} \dot{y}^{-1}\,dy$$

sendo

$$[-2\,z\,(y)]^{-\frac{1}{2}} = \dot{y}^{-1}$$

Como $\dot{y} = \dot{y}\,(y)$ é conhecido, pode determinar-se fàcilmente a curva de $\dot{y}^{-1}\,(y)$.

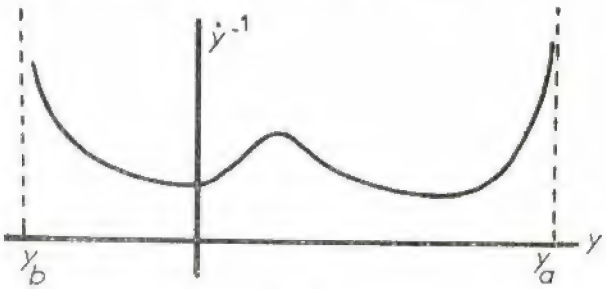


Fig. 2

τ_{ba} é então medido pela área delimitada, no referencial $(\dot{y}^{-1}, y)$, pela curva de $\dot{y}^{-1}$ e o eixo dos yy, e medida entre y_a e y_b.

Nota: Para medir esta área, temos de truncar as ordenadas na vizinhança de y_a e y_b, como é uso fazer-se, pois que:

em y_a é $\dot{y}_a = 0$ e $\dot{y}_a^{-1} = \infty$

em y_b é $\dot{y}_b = 0$ e $\dot{y}_b^{-1} = \infty$

O período será

$$\tau = 2\,\tau_{ba}$$

2.6.3 — *Determinação de $y = y\,(t)$*

Como se viu em 2.5, o tempo gasto a descrever o percurso é dado por:

$$t - t_a = \int_{y_a}^{y} [-2\,z\,(y)]^{-\frac{1}{2}}\,dy$$

Atendendo à figura 2, vê-se que, para determinar $t = t\,(y)$, se pode seguir um processo inteiramente idêntico ao indicado em 2.6.1 para a determinação de $\dot{y}$.

Conhecido $t = t\,(y)$, podemos descrever y em função de t, $y = y\,(t)$.

Está assim descrito o método referido no princípio deste capítulo. Para melhor inteligência, vamos proceder a uma aplicação.

3 — ESTUDO DUM MOVIMENTO VIBRATÓRIO NÃO LINEAR

Vamos aplicar o tratamento matemático apresentado no capítulo 2, ao estudo dum sistema livre, de um grau de liberdade, não amortecido e de elasticidade do tipo $k\,(x \pm \varepsilon\,x^3)$.

Esse sistema vibratório terá como modelo matemático a equação (1), sendo:

$$\omega_0^2 = 1$$

$$\varepsilon = 3 \quad \text{para} \quad x > 0$$

$$\varepsilon = -\frac{3}{20} \quad \text{para} \quad x < 0$$

A equação (1) ficará então:

$$\ddot{x} + x + 3x^3 = 0 \qquad \text{para } x > 0$$

$$\ddot{x} - x + \frac{3}{20}\,x^3 = 0 \qquad \text{para } x < 0$$

sendo

$$f\,(x) = x + 3x^3 \qquad \text{para } x > 0$$

$$f\,(x) = x - \frac{3}{20}\,x^3 \qquad \text{para } x < 0$$

3.1 — *Valores numéricos de $f\,(x)$*

Os valores numéricos de $f\,(x)$ são os indicados no Quadro I.

No diagrama da figura 3, apresentamos estes valores gràficamente.

fazendo $x_1 = x_1 = 0$, vem:

$$y \quad x \quad e \quad \varphi(y) = f(x)$$

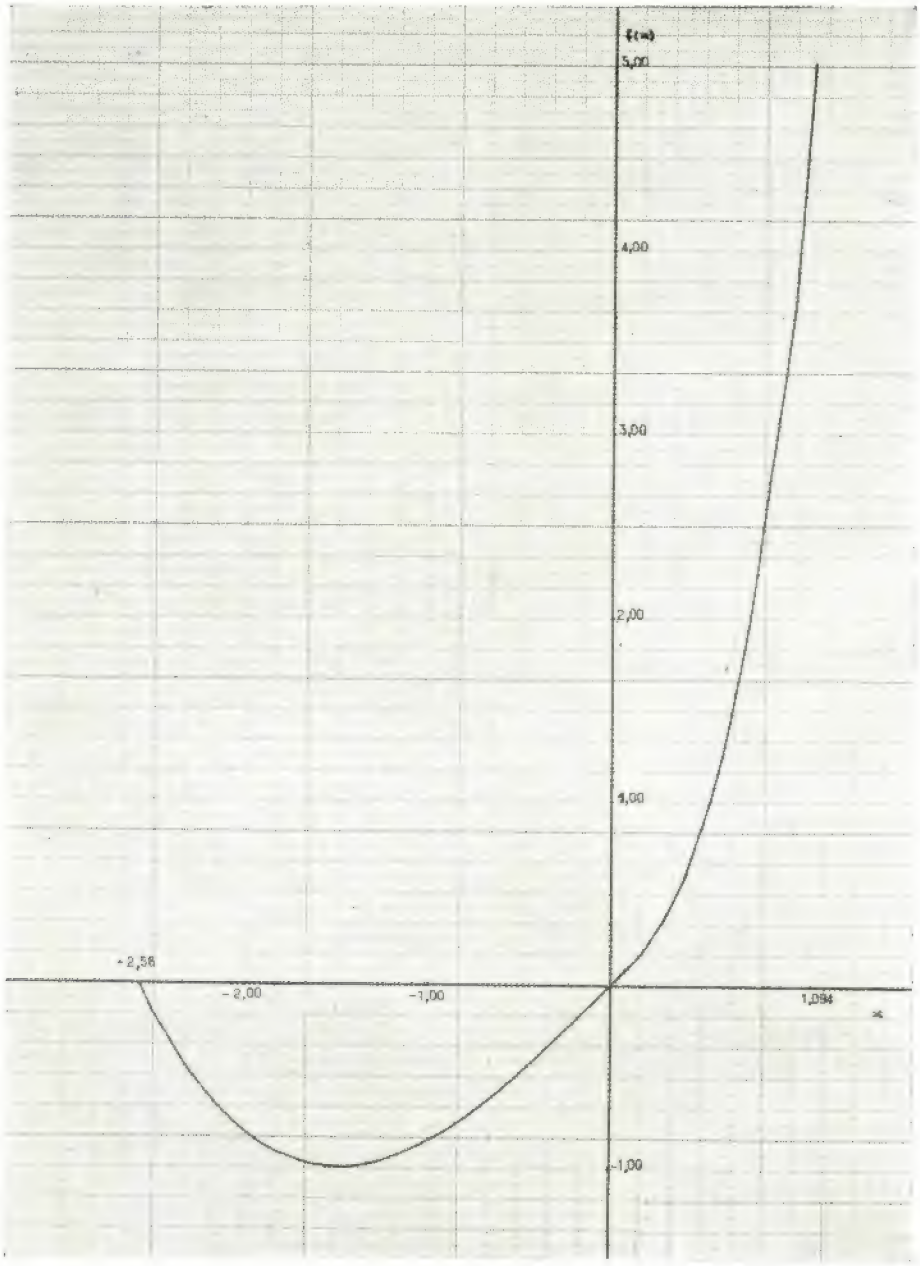


Fig. 3

3.2 — *Raízes de f(x)*

As raízes reais de f(x) são

$$x_1 = 0 \ , \ x_2 = -\frac{2}{3}\sqrt{15} = \quad 2{,}58$$

Atendendo às definições indicadas em 2.4.2,

3.3 — *Valor de x_b*

Vamos adoptar para valor de x_b o seguinte:

$$x_b = x_2 = -2{,}58$$

3.4 — *Determinação de x_a*

Do critério de estabilidade, se conclui que

QUADRO I

x	x > 0	x < 0	x	x > 0	x < 0	x	x < 0
	$f(x) = x + 3x^3$	$f(x) = x - \frac{3}{20}x^3$		$f(x) = x + 3x^3$	$f(x) = x - \frac{3}{20}x$		$f(x) = x - \frac{3}{20}x^3$
0,00	0,0000	— 0,0000	1,00	4,0000	— 0,8500	1,95	— 0,8378
0,05	0,0504	— 0,0499	1,05	4,5228	— 0,8764	2,00	— 0,8000
0,10	0,1030	— 0,0999	1,094	5,0222	—	2,05	— 0,7577
0,15	0,1551	— 0,1449	1,10	—	— 0,8965	2,10	— 0,7108
0,20	0,2240	— 0,1988	1,15	—	— 0,9219	2,15	— 0,6592
0,25	0,2969	— 0,2486	1,20	—	— 0,9408	2,20	— 0,6028
0,30	0,3810	— 0,2959	1,25	—	— 0,9570	2,25	— 0,5414
0,35	0,4823	— 0,3434	1,30	—	— 0,9704	2,30	— 0,4750
0,40	0,5920	— 0,3904	1,35	—	— 0,9728	2,35	— 0,4033
0,45	0,7233	— 0,4363	1,40	—	— 0,9884	2,40	— 0,3264
0,50	0,8750	— 0,4813	1,45	—	— 0,9927	2,45	— 0,2441
0,55	1,0492	— 0,5250	1,50	—	— 0,9938	2,50	— 0,1562
0,60	1,2480	— 0,5676	1,55	—	— 0,9914	2,55	— 0,0628
0,65	1,4738	— 0,6088	1,60	—	— 0,9856	2,58	— 0,0040
0,70	1,7290	— 0,6486	1,65	—	— 0,9762	2,60	+ 0,0364
0,75	1,9887	— 0,6881	1,70	—	— 0,9630		
0,80	2,3360	— 0,7232	1,75	—	— 0,9461		
0,85	2,6923	— 0,7579	1,80	—	— 0,9252		
0,90	3,0870	— 0,7906	1,85	—	— 0,9003		
0,95	3,5222	— 0,8200	1,90	—	— 0,8712		

$$\int_{x_a}^{x_b} f(x)\, dx = 0$$

o que nos vai permitir determinar x_a.

3.4.1 — *Indicação do método de cálculo seguido*

Dado o andamento da curva de f (x), para obter o valor de x_a, adoptámos o seguinte processo:

Determinámos a área B delimitada pela curva de f (x) e pelo eixo das abcissas e compreendida entre as ordenadas $x = 0$ e $x = -2{,}58$.

$$B = \int_0^{x_b} f(x)\, dx$$

Considerámos em seguida, sucessivas áreas A'' (x), definidas de maneira idêntica, mas compreendida entre ordenadas $x = 0$ e $x > 0$, sendo x sucessivamente crescente

$$A''(x) = \int_0^{x} f(x)\, dx$$

À área $A''(x) = A$ tal que $A = B$, corresponde $x = x_a$.

3.4.1.1 — No càlculo de B recorremos ao seguinte processo:

Considerámos sucessivas áreas B' (x) definidas por:

$$B'(x) = \int_{x+\Delta x}^{x} f(x)\, dx$$

sendo: $x < 0$

Δx pequeno e positivo

Então B' (x) poderá ser determinada, com suficiente aproximação, por:

$$B'(x) = -\frac{f(x) + f(x + \Delta x)}{2} \times \Delta x$$

como se vê da figura 4.

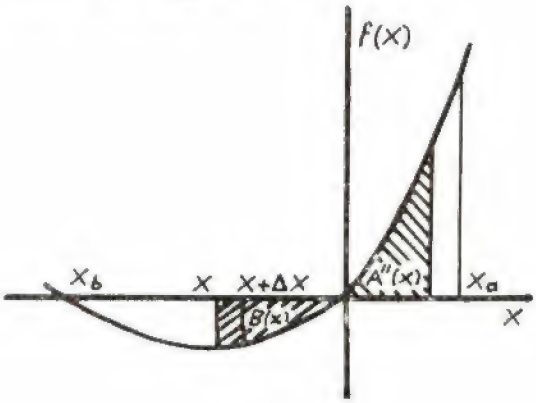


Fig. 4

A área B (x) indicada na figura, é dada por:

$$B(x) = \sum_{-\Delta x}^{x} B'(x)$$

sendo $x < 0$

Considerando x sucessivamente decrescente, para $x = x_b$ vem:

$$B(x_b) = B$$

3.4.1.2 — Para o cálculo das áreas A'' (x), indicadas na figura 3, seguimos processo inteiramente idêntico, considerando agora $x > 0$ sucessivamente crescente

$$A'(x) = \frac{f(x) + f(x - \Delta x)}{2} \Delta x \quad \text{sendo } x > 0$$

$$A''(x) = \sum_{\Delta x}^{x} A'(x)$$

Para $x = x_a$ é $A''(x) = A$, sendo $A = B$.

3.4.2 — *Apresentação dos valores obtidos*

Fizemos, nos cálculos, $\Delta x = 0{,}05$.

No quadro II apresentamos os valores obtidos para a determinação de B.

Como se vê no quadro, obtivemos para B o valor

$$B = 1{,}6704$$

Apresentamos no quadro III os sucessivos valores que obtivemos para A' (x) e A'' (x).

Vemos que o ponto de partida será

$$P_a\ [x_a = 1{,}094\ ;\ f(x_a) = 5{,}0222]$$

pois que para esse valor de x obtivemos

$$A''(x) = A = 1{,}6705$$

3.5 — *Cálculo de* $\dot{x} = \dot{x}(x)$

Em 2.3, vimos que

$$\dot{x}^2 = -2 \int_{x_a}^{x} f(x)\, dx$$

Fazendo

$$z(x) = \int_{x_a}^{x} f(x)\, dx$$

QUADRO II

x	x < o	x < o	x	x < o	x < o
	B'(x)	$B(x) = B'(x) + \sum_{-\Delta x}^{x+\Delta x} B'(x)$		B'(x)	$B(x) = B'(x) + \sum_{-\Delta x}^{x+\Delta x} B'(x)$
0,00	—	—	— 1,35	0,0487	0,7904
— 0,05	0,0012	0,0012	— 1,40	0,0492	0,8395
— 0,10	0,0037	0,0049	— 1,45	0,0495	0,8890
— 0,15	0,0061	0,0110	— 1,50	0,0497	0,9387
— 0,20	0,0131	0,0241	— 1,55	0,0496	0,9883
— 0,25	0,0112	0,0352	— 1,60	0,0494	1,0387
— 0,30	0,0136	0,0488	— 1,65	0,0491	1,0868
— 0,35	0,0160	0,0648	— 1,70	0,0485	1,1353
— 0,40	0,0184	0,0832	— 1,75	0,0477	1,1830
— 0,45	0,0207	0,1039	— 1,80	0,0468	1,2298
— 0,50	0,0229	0,1268	— 1,85	0,0456	1,2754
— 0,55	0,0252	0,1519	— 1,90	0,0443	1,3197
— 0,60	0,0273	0,1792	— 1,95	0,0427	1,3624
— 0,65	0,0294	0,2086	— 2,00	0,0409	1,4033
— 0,70	0,0314	0,2400	— 2,05	0,0389	1,4422
— 0,75	0,0334	0,2734	— 2,10	0,0367	1,4789
— 0,80	0,0353	0,3087	— 2,15	0,0342	1,5131
— 0,85	0,0370	0,3457	— 2,20	0,0316	1,5447
— 0,90	0,0378	0,3844	— 2,25	0,0286	1,5733
— 0,95	0,0403	0,4247	— 2,30	0,0254	1,5987
— 1,00	0,0418	0,4665	— 2,35	0,0220	1,6207
— 1,05	0,0432	0,5097	— 2,40	0,0182	1,6389
— 1,10	0,0443	0,5590	— 2,45	0,0143	1,6532
— 1,15	0,0455	0,5995	— 2,50	0,0100	1,6632
— 1,20	0,0466	0,6461	— 2,55	0,0055	1,6687
— 1,25	0,0474	0,6935	— 2,58	0,0017	1,6704
— 1,30	0;0482	0,7417			

QUADRO III

x	x > o	x > o
	A' (x)	$A''(x) = A'(x) + \sum_{\Delta x}^{x-\Delta x} A'(x)$
0,00	—	—
0,05	0,0013	0,0013
0,10	0,0038	0,0051
0,15	0,0064	0,0115
0,20	0,0095	0,0210
0,25	0 0130	0,0340
0,30	0,0170	0,0510
0,35	0,0216	0,0726
0,40	0,0269	0,0995
0,45	0,0329	0,1324
0,50	0,0399	0,1723
0,55	0,0481	0,2204
0,60	0,0574	0,2778
0,65	0,0680	0,3458
0,70	0,0801	0,4258
0,75	0,0929	0,5188
0,80	0,1081	0,6269
0,85	0,1257	0 7526
0,90	0,1445	0,8971
0.95	0,1666	1,0637
1,00	0,1887	1,2524
1,05	0,2131	1,4629
1,094	0,2100	1,6705

será

$$\dot{x} = [-2\,z\,(x)]^{\frac{1}{2}}$$

3.5.1 — *Determiuação de z (x)*

Para x > 0:

Como vimos, é

$$\int_{0}^{x_a} f(x)\,dx = A = 1{,}6705$$

$$z(x) = \int_{x_a}^{x} f(x)\,dx = \int_{x_a}^{0} f(x)\,dx - \int_{x}^{0} f(x)\,dx$$

$$z(x) = -1{,}6705 + \int_{0}^{x} f(x)\,dx$$

mas

$$\int_{0}^{x} f(x)\,dx = A''(x)$$

sendo A'' (x) dado no quadro III.

Temos então

$$z(x) = A''(x) - 1{,}6705$$

Para x < 0:

$$z(0) = 1{,}6705$$

Será então

$$z(x) = B(x) - 1{,}6705$$

sendo os valores de B (x) os indicados no quadro II.

3.5.2 — *Apresentamos no quadro IV os valores de z (x) e $\dot{x}$ (x)*

A curva de variação de $\dot{x}$ com x é a indicada na figura 5.

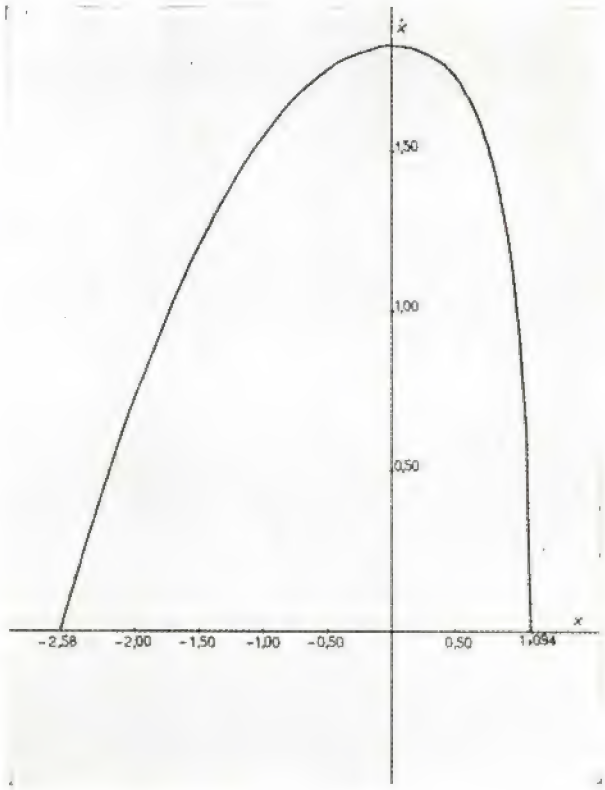


Fig. 5

3.6 — *Cálculo de t = t (x)*

QUADRO IV

x	x > o	x < o	x > o	x < o	x	x > o	x < o	x > o	x < o
	z (x)	z (x)	$\dot{x}$	$\dot{x}$		z (x)	z (x)	$\dot{x}$	$\dot{x}$
0,00	— 1,6705	— 1,6705	1,8278	1.8278	1,30	—	— 0,9288	—	1,3629
0,05	— 1,6692	— 1,6693	1,8271	1,8314	1,35	—	— 0,8801	—	1,3267
0,10	— 1,6654	— 1,6656	1,8252	1,8252	1,40	—	— 0,8310	—	1,2892
0'15	— 1,6590	— 1,6595	1,8215	1,8218	1,45	—	— 0,7815	—	1,2502
0,20	— 1,6495	— 1,6464	1,8163	1,8146	1,50	—	— 0,7318	—	1,2098
0,25	— 1,6365	— 1,6353	1,8091	1,8085	1,55	—	— 0,6822	—	1,1681
0,30	— 1,6195	— 1,6217	1,7997	1,8010	1,60	—	— 0,6318	—	1,1241
0,35	— 1,5979	— 1,6057	1,7877	1,7920	1,65	—	— 0,5837	—	1,0805
0,40	— 1,5710	— 1,5873	1,7726	1,7817	1,70	—	— 0,5352	—	1,0346
0,45	— 1.5381	— 1,5666	1,7539	1,7701	1,75	—	— 0,4875	—	0.9874
0,50	— 1,4982	— 1,5437	1,7311	1,7531	1,80	—	— 0,4407	—	0,9388
0,55	— 1,4501	— 1,5186	1,7031	1,7427	1,85	—	0,3951	—	0,8889
0,60	— 1,3927	— 1,4913	1,6690	1,7270	1,90	—	— 0,3508	—	0,8376
0'65	— 1,3247	— 1,4619	1.6277	1,7099	1,95	—	— 0,3081	—	0,7850
0,70	— 1,2446	— 1,4305	1,5777	1,6914	2.00	—	— 0,2672	—	0,7310
0,75	— 1,1517	— 1,3971	1,5177	1,6716	2,05	—	— 0,2283	—	0,6757
0,80	— 1,0436	— 1,3618	1,4477	1,6503	2,10	—	— 0,1916	—	0,6190
0,85	— 0,9179	— 1,3248	1,3548	1,6278	2,15	—	— 0,1574	—	0,5611
0,90	— 0,7734	— 1,2861	1,2437	1,6038	2,20	—	— 0,1258	—	0,5016
0,95	— 0,6068	— 1,2458	1,1003	1,5785	2,25	—	— 0,0972	—	0,4409
1,00	— 0,4181	— 1,2040	0,9144	1,5518	2,30	—	— 0,0718	—	0,3789
1,05	— 0,2076	— 1,1608	0,6444	1,5237	2,35	—	— 0,0498	—	0,3156
1,094	— 0,0000	—	0,0000	—	2,40	—	— 0,0316	—	0,2514
1,10	—	— 1,1165	—	1,4943	2,45	—	— 0,0173	—	0,1860
1,15	—	— 1,0710	—	1,4635	2,50	—	— 0,0073	—	0,1208
1,20	—	— 1,0244	—	1,4313	2,55	—	— 0,0018	—	0,0548
1,25	—	— 0,9770	—	1,3979	2,58	—	— 0,0001	—	0,0014

3.6.1. — *Aplicando o método de cálculo indicado em 2.6.3*

Vimos que a função $t = t(x)$ era dada por

$$t - t_a = \int_{x_a}^{x} \dot{x}^{-1}\, dx$$

Fazendo $t_a = 0$, será

$$\tau_{xa} = t = -\int_{x_a}^{x} \dot{x}^{-1}\, dx$$

Vamos efectuar uma mudança nas variáveis intervenientes na equação que determina $t = t(x)$. Introduzimos

$$X = \frac{x}{0{,}05} \qquad \psi(X) = 5\,\dot{x}^{-1}(x)$$

Como

$$dt = \dot{x}^{-1}\, dx$$

vem que $\quad dt = 0{,}01\, \psi(X)\, dX$

e $\quad t = 0{,}01 \int_{X}^{X_a} \psi(X)\, dX$

Este método é análogo ao seguido na determinação de $\dot{x}$, quanto ao cálculo aproximado do integral. Faz-se $\Delta X = 1$, a que corresponde $\Delta x = 0{,}05$.

Não indicamos os resultados obtidos por este processo, pois apresentamos a seguir um outro mais expedito.

3.6.2 — *Apresentação dum outro método de cálculo*

Os valores da função $t = t(x)$ podem ser obtidos, duma maneira aproximada, por um outro método que vamos descrever.

Por definição é

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}$$

e então

$$dt = \frac{dx}{\dot{x}}$$

$$\int_{t_0}^{t_0+\Delta t} dt = -\int_{x_0}^{x_0-\Delta x} \frac{dx}{\dot{x}} \qquad (\Delta x > 0)$$

sendo:

x_0 um valor do intervalo $(x_a, x_b]$,

t_0 o tempo gasto pelo sistema a atingir x_0, $t_0 = t(x_0)$,

$t_0 + \Delta t = t(x_0 - \Delta x)$

Atendendo a (5), temos que

$$\dot{x}(x) = \sqrt{2\int_{x_a}^{x} - f(x)\,dx}$$

logo

$$\Delta t = -\frac{1}{\sqrt{2}}\int_{x_0}^{x_0-\Delta x} \frac{dx}{\sqrt{\int_{x_a}^{x} - f(x)\,dx}}$$

Fazendo $\int_{x_a}^{x} - f(x)\,dx = \int_{x_a}^{x_0} - f(x)\,dx$ no intervalo $[x_0, x_0 - \Delta x]$ vem

$$\Delta t = -\frac{1}{\sqrt{2}}\int_{x_0}^{x_0-\Delta x} \frac{dx}{\sqrt{\int_{x_a}^{x_0} - f(x)\,dx}} =$$

$$= \frac{\Delta x}{\sqrt{2\int_{x_a}^{x_0} - f(x)\,dx}}$$

e portanto

$$t_0 + \Delta t = t_0 \frac{\Delta x}{\dot{x}(x_0)}$$

ou

$$\boxed{t(x_0 - \Delta x) = t(x_0) + \Delta x\,[\dot{x}(x_0)]^{-1}}$$

Para $x = x_a$, é $\dot{x}(x_a) = 0$ fazemos $t(x_a) = 0$.

O valor de $t(1{,}05)$ não poderá ser obtido pelo método que descrevemos. Indicamos a seguir, o processo aproximado que utilizámos.

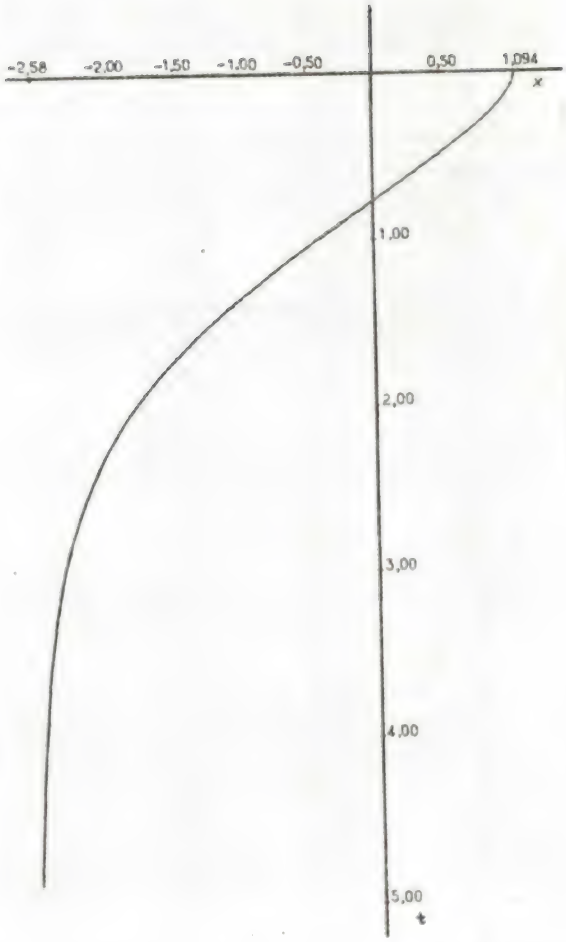


Fig. 6

De (7) vem que:

$$t(1{,}05) = -\int_{x_a}^{1{,}05}\left[2\int_{x_a}^{1{,}05} - f(x)\,dx\right]^{-\frac{1}{2}} dx$$

QUADRO V

x	x > o	x < o	x > o	x < o	x	x > o	x < o	x > o	x < o
	Δt	Δt	t (x)	t (x)		Δt	Δt	t (x)	t (x)
0,00	0,0274	0,0274	0,7907	0,7907	0,50	0,0289	0,0285	0,5120	1,0675
0,05	0,0274	0,0274	0,7633	0,8181	0,55	0,0294	0,0287	0,4826	1,0960
0,10	0,0274	0,0274	0,7359	0,8455	0,60	0,0300	0,0290	0,4526	1,1247
0,15	0,0274	0,0274	0,7085	0,8729	0,65	0,0307	0,0292	0,4219	1,1537
0,20	0,0275	0,0276	0,6810	0,9003	0,70	0,0317	0,0296	0,3902	1,1829
0,25	0,0276	0,0276	0,6534	0,9279	0,75	0,0329	0,0299	0,3573	1,2125
0,30	0,0278	0,0278	0,6256	0,9555	0,80	0,0346	0,0303	0,3227	1,2424
0,35	0,0280	0,0279	0,5976	0,9833	0,85	0,0369	0,0307	0,2858	1,2727
0,40	0,0282	0,0281	0,5694	1,0112	0,90	0,0402	0,0312	0,2456	1,3034
0,45	0,0285	0,0282	0,5409	1,0393	0,95	0,0454	0,0317	0,2002	1,3346

QUADRO V *(Continuação)*

x	x > o	x < o	x > o	x < o	x	x > o	x < o	x > o	x < o
	Δt	Δt	t (x)	t (x)		Δt	Δt	t (x)	t (x)
1,00	0,0547	0,0322	0,1455	1,3663	1,80	—	0 0533	—	1,9967
1,05	0,0776	0,0328	0,0679	1,3985	1,85	—	0,0562	—	2.0500
1,094	—	—	0,0000	—	1,90	—	0,0597	—	2,1062
1.10	—	0,0335	—	1,4313	1,95	—	0,0637	—	2,1659
1,15	—	0,0342	—	1,4648	2,00	—	0.0684	—	2.2296
1,20	—	0,0349	—	1,4990	2,05	—	0,0740	—	2,2980
1,25	—	0,0358	—	1,5339	2,10	—	0,0808	—	2 3720
1,30	—	0,0367	—	1,5697	2,15	—	0,0895	—	2,4528
1,35	—	0,0377	—	1,6064	2,20	—	0,0999	—	2,5423
1,40	—	0,0388	—	1,6441	2,25	—	0,1132	—	2,6422
1,45	—	0,0400	—	1,6829	2,30	—	0,1319	—	2,7554
1,50	—	0,0413	—	1,7229	2,35	—	0,1584	—	2,8873
1,55	—	0,0428	—	1,7642	2,40	—	0,1989	—	3,0457
1,60	—	0,0445	—	1,8070	2,45	—	0,2688	—	3,2446
1,65	—	0,0463	—	1,8515	2,50	—	0,4138	—	3,5134
1,70	—	0,0483	—	1 8978	2,55	—	0,9128	—	3,9272
1,75	—	0,0506	—	1,9461	2,58	—	—	—	4,8400

$$= -\int_{x_a}^{1,05} \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{dx}{\sqrt{\int_{x_a}^{1,05} -f(x)\,dx}}$$

Admitindo que é, no intervalo $[x_a, 1,05]$, $f(x) = Q^2$, sendo Q constante, vem

$$t(1,05) = -\int_{x_a}^{1,05} \frac{1}{Q\sqrt{2}} \frac{dx}{\sqrt{\int_{x_a}^{1,05} -dx}}$$

com

$$Q = \sqrt{\frac{f(1,05) + f(x_a)}{2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4,5228 + 5,0222 =}{2}} = \sqrt{4,7725} = 2,1846$$

temos então

$$t(1,05) = \frac{\sqrt{x_a - 1,05}}{2,1846\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{1,094 - 1,05}}{2,1846\sqrt{2}} = 0,0679$$

Os valores da função $t = t(x)$ estão indicados no Quadro V.

Será, portanto

$$\tau_{ba} = t(x_b) = 4,8400$$

e o período de oscilação

$$\tau = 2\,\tau_{ba} = 9,6800$$

3.6.3 — *Nota final*

As expressões

$$t = -\int_{x_a}^{x} \dot{x}^{-1}\,dx$$

e

$$t(x_0 - \Delta x) = t(x_0) + \Delta x\,[\dot{x}(x_0)]^{-1}$$

são essencialmente idênticas.

A segunda permite calcular o tempo no ponto $x_0 - \Delta x$ a partir do valor do tempo no ponto x_0. A primeira integra sucessivamente mais um intervalo de tempo e por isso obriga à medição de áreas num referencial $(\dot{x}^{-1}, x)$.

Os dois métodos dão resultados muito próximos, e como se verificou que o segundo era menos trabalhoso, foi preferido nesta exposição.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Ex.mo Professor do I.S.T., Eng.º A. Gouvêa Portela, o auxílio e interesse que manifestou na realização deste trabalho.

Estamos-lhe gratos também pela cedência dos apontamentos para a elaboração do n.º 2 deste artigo.

SUMMARY

This papen presents a method for the determination of the $x = x(t)$, $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ functions, and period, of vibrating systems of $\ddot{x} + f(x) = o$ differential equation; an application is done to the study of a free movement, undamped with elasticity type $k(x \pm \varepsilon x^3)$.

O TRATAMENTO ANALÍTICO DOS PROBLEMAS DE AMARRAÇÃO E ATRACAÇÃO DE NAVIOS

Vai realizar-se em Lisboa de 19 a 31 de Julho de 1965 um curso sobre este tema e sob o patrocínio da NATO e da Universidade Técnica.

As conferências serão feitas no Instituto Superior Técnico, pelos seguintes especialistas:

— ANDRÉ PIERRE X. PAGES, Port Autonome de Bordeaux.
— ALBERT STEEUMEYER, Frederic R. Harris (Holland) N.V.
— BASIL W. WILSON, Science Engineering Associates, San Marino, Califórnia.
— BRENDAN FRANCIS SAURIN, British Petroleum Company, London.
— FRANCIS BRESEL, Sogreah, Grenoble.
— JOHN THOMAS O'BRIEN, U.S. Naval Civil Engineering Lab., Port Hueneme, Califórnia.
— J. SOMMET, Sogreah, Grenoble.
— ROBERT C. H. RUSSEL, Hidraulics Research Station Wallingford, England.
— F. VASCO COSTA, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Informações sobre o curso e pedidos de inscrição devem ser endereçados ao Prof. Vasco Costa, I.S.T., Av. Rovisco Pais, Lisboa 1.

CONFERÊNCIAS ORGANIZADAS PELO CERN

O CERN (Organisation Europeènne pour la Recherche Nucléaire) põe à disposição das escolas, universidades e sociedades interessadas, conferencistas capazes de expor as suas actividades ou de apresentar as realizações recentes do Laboratório no domínio da física das altas energias.

Estas conferências podem ser dadas em francês, inglês, alemão ou italiano e a níveis muito variados.

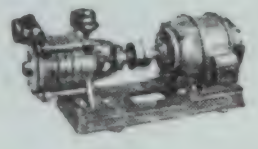
Informações mais detalhadas podem ser obtidas directamente:

CERN — Sv. Inf. Publ.
1211 — Meyrin — GENÈVE
(SUISSA)

Empirismo
ou
Exactidão cientifica
+GF+
«A experiência é tudo» esta divisa do velho moldador pertence ao passado.
Sómente ensaios sistemáticos em laboratorio conseguem a exactidão dum conhecimento real da natureza da areia.
Os aparelhos +GF+ para o controle das areias
são a base da elaboração de areias tendo caracteristicas optimas para obter uma superficie impecável nas peças moldadas.
Georges Fischer Sociedade Anónima
Schaffhouse (Suiça)
Telefone (053) 5 60 31/5 70 31
Telescriptór. 52915 geofischer schf

GM 1293/5

BOMBAS



Se tem um problema de bombas, consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boavista, 63

LISBOA

Companhia Portuguesa de Trefilaria

S. A. R. L.

ARMADURAS PRÉ-FABRICADAS **MALHASOL**

Tensão de segurança 3.000 Kg/cm²

AÇO BI

Tensão de segurança 4.000 Kg/cm²

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO

que pela eficiência técnica e económica a que conduzem, são um indispensável elemento na moderna construção civil

Para qualquer obra em betão armado consulte:

DIAL — GABINETE TÉCNICO

R. DO INSTITUTO INDUSTRIAL, 18-1.º Dt.º

TELEFONES 67 12 24/5 E 67 37 85 — LISBOA

ISOLUX L.DA

ESTUDOS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Porto

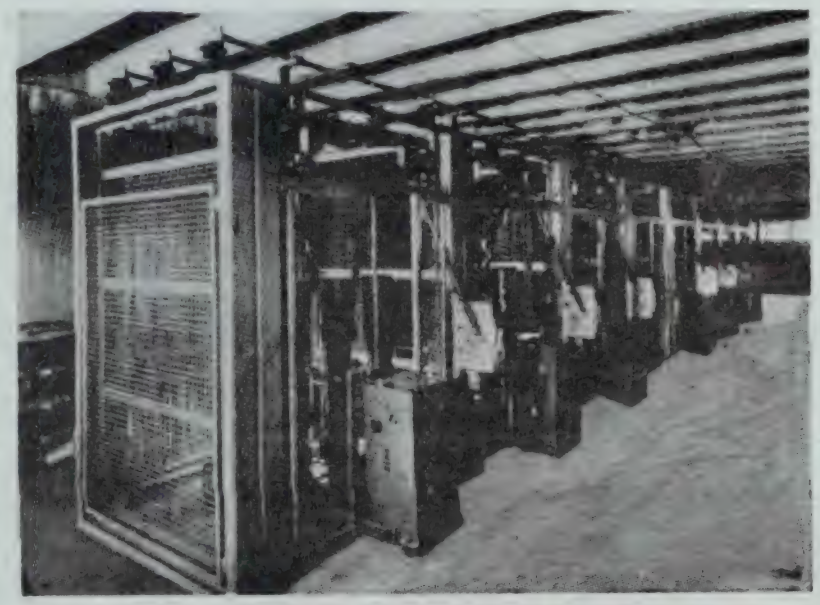
R. de Sá da Bandeira, 651-4.º

Tel. 2 70 13

Lisboa

R. de Gonçalves Crespo, 33-3.º

Tel. 5 27 41



CELAS ABERTAS DE ALTA TENSÃO

Projectos e instalações eléctricas de:

Centrais

Subestações

Postos de Transformação

Fábricas

Edifícios públicos

Blocos residenciais

DO MUNDO TÉCNICO

C. D. U. 624.041.2:518.6

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE G. KANI A ESTRUTURAS RETICULADAS IRREGULARES

Pelo Eng.º J. A. RIBEIRO SARMENTO

RESUMO

Este trabalho estuda a aplicação do método de Kani à análise de estruturas reticuladas irregulares, isto é, a estruturas rectangulares em que o número de andares não é o mesmo em todas as alas, como acontece, por vezes, em edifícios de apartamento.

1 — Sob a designação de estruturas reticuladas irregulares, desejamos referir-nos a sistemas contínuos formados por malhas rectangulares nos quais a ausência de certas peças, vigas ou colunas, quebra o ritmo da composição, ficando, por exemplo, dois andares reduzidos a um só em determinado tramo, mantendo-se no entanto nos outros.

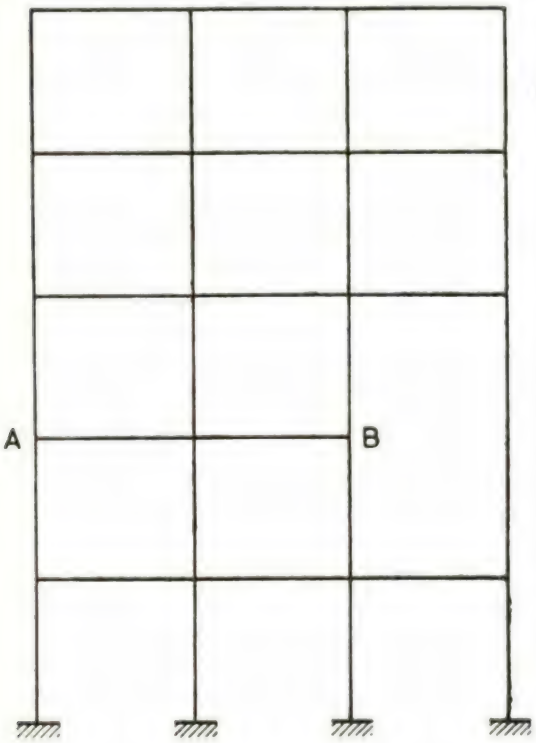


Fig. 1

É o caso representado na Fig. 1, no qual um pavimento AB não existe em todos os tramos, ocorrência frequente na construção de edifícios, que corresponde por exemplo, à existência de um entre-solo, por razões arquitectónicas ou de salubridade, de menor extensão que os restantes pavimentos.

O método de Kani, de incontestáveis vantagens na análise de estruturas de muitos andares, não foi estudado pelo seu autor para a solução de tais estruturas (1). A sua aplicação é, contudo, possível, e a rotina a que dá lugar, embora mais complexa, enquadra-se perfeitamente na que caracteriza o método, oferecendo iguais possibilidades de verificação permanente dos resultados.

2 — Consideremos o sistema de 3 tramos e 2 andares incompletos da Fig. 2, no qual está aplicada a força horizontal Q_r.

Usando a terminologia e a notação de Kani, chamemos momento do andar à quantidade:

$$\overline{M_r} = \frac{Q_r\, h_r}{3},$$

sendo h a altura da coluna CD, tomada para referência.

Determinemos os factores de deslocamento que, como se sabe, permitirão calcular os momentos parciais devidos à translação dos andares.

Para isso, se deslocarmos de δ_1 o nó D e designarmos por δ_2 o movimento provocado em A supondo as vigas perfeitamente rígidas, Fig. 3, o esforço tranverso conjunto nas colunas (1) e (2) é dado por

$$T_c = \frac{12\,E\,(I_1 + I_2)}{h_1}(\delta_1 - \delta_2) = 12\,E\,(f_1 + f_2)(\delta_1 - \delta_2),$$

sendo

$$f_i = \frac{I_i}{h_i^3} = \frac{k_i}{h_i^2}$$

(1) G. Kani, Le Calcul des Portiques Étagés Multiples, Paris ed. Dunod, 1958.

Do mesmo modo, poderemos escrever:

$$T_c = 12\,E\,(f_3 + f_4)\,\delta_2 . \qquad (1)$$

Donde:

$$(f_1 + f_2)\,(\delta_1 - \delta_2) = (f_3 + f_4)\,\delta_2$$

$$\delta_2 = \frac{f_1 + f_2}{\sum_{i=1}^{4} f_i}$$

Substituindo em (1), vem:

$$T_c = 12\,E\,\frac{(f_1 + f_2)\,(f_3 + f_4)}{\sum_{i=1}^{4} f_i}\,\delta_1 = 12\,E\,f_c\,\delta_1 .$$

No caso particular do sistema em estudo

$$\eta_5 = \frac{3}{2}\,\frac{f_5}{f_5 + f_6 + f_c} ,$$

e para os conjuntos (1) — (2) e (3) — (4),

$$\eta_i = \frac{3}{2}\,\frac{f_c}{f_5 + f_6 + f_c}\,\frac{h_i}{h_r}\,\frac{f_i}{\sum f_i} ,$$

compreendendo o somatório as características f_i de cada conjunto, separadamente, como fàcilmente se conclui.

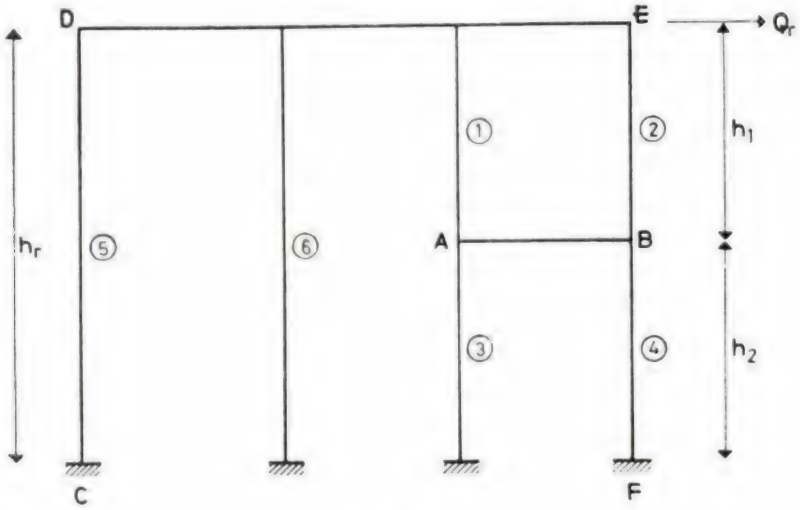


Fig 2

Os esforços transversos nas colunas (5) e (6) são por sua vez:

$$T_5 = 12\,E\,f_5\,\delta_1 .$$
$$T_6 = 12\,E\,f_6\,\delta_1 .$$

Destas expressões tiramos:

$$\frac{T_5}{f_5} = \frac{T_6}{f_6} = \frac{T_c}{f_c} = \frac{T_5}{f_5} + \frac{T_6}{f_6} + \frac{T_c}{f_c} = \frac{Q_r}{f_5 + f_6 + f_c}$$

o que permite obter o esforço transverso em qualquer das colunas. O momento parcial do deslocamento não é mais do que o valor dos momentos de encastramento das colunas, produzidos pela translação de um dos seus extremos; isto é, chamando η ao factor de deslocamento, deverá ser:

$$\frac{Q_r\,h_r}{3}\,\eta_i = T_i\,\frac{h_i}{2} = \frac{f_i}{\sum f_i}\,Q_r\,\frac{h_i}{2} .$$

Donde $$\eta_i = \frac{3}{2}\,\frac{f_i\,h_i}{\sum f_i\,h_r} . \qquad (2)$$

Obtidos os factores de deslocamento para todas as colunas do sistema e tendo também já calculado os

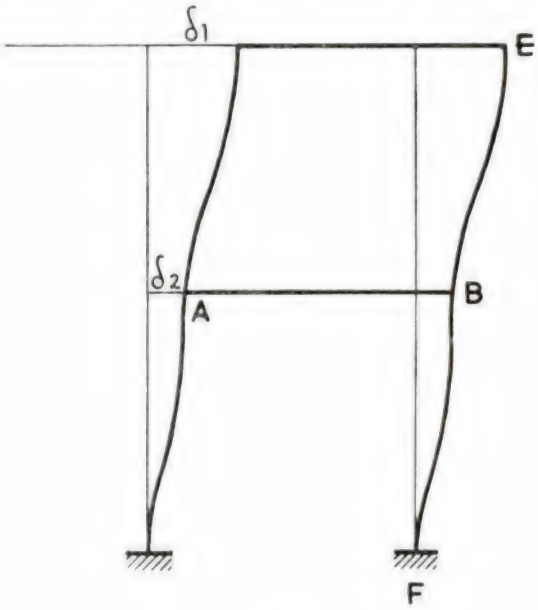


Fig. 3

factores de rotação dos nós, poderemos escrever os primeiros momentos parciais de translação, efectuando a seguir um ciclo de equilíbrio dos nós.

Vejamos, seguidamente, como se restabelece o equilíbrio horizontal do sistema, que a última operação destruiu.

Em primeiro lugar deveremos equilibrar o piso AB. Tendo obtido os momentos parciais de rotação M'_{ik} e M'_{ki}, a variação do esforço transverso em cada coluna é:

$$\frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{\frac{h_i}{3}}$$

e, por consequência, a força em desiquilíbrio é:

$$F' = \sum_{i=1}^{4} \frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{\frac{h_i}{3}}$$

devendo os têrmos de (3) e (4) figurar no somatório multiplicados por — 1, como se compreende.

Para anular esta força, deveremos imprimir uma translação a AB, no sentido da mesma; os momentos parciais correspondentes serão:

$$\overline{M}''_{ik} = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{\frac{h_i}{3}}}{\sum \frac{k_i}{h_i^2}} \cdot \frac{k_i}{h_i^2} \cdot \frac{h_i}{2} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{k_i}{\sum \frac{k_i}{h_i^2}} \sum \frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{h_i}$$

Ou, pondo

$$\lambda = \frac{\frac{3}{2} \cdot \frac{k_i}{h_i}}{\sum \frac{k_i}{h_i^2}} \qquad (4)$$

$$\overline{M}''_{ik} = \lambda \sum \frac{M''_{ik} + M''_{ki}}{h_i} \qquad (5)$$

Deveremos pois calcular os coeficientes λ para as colunas (1), (2), (3) e (4) e, a partir deles, determinar os momentos parciais de translação $\overline{M}''_{ik}$ pela expressão deduzida; estes momentos tomam sinais que dependem do sentido em que se produz o movimento, coincidente como se disse com o da força F, a qual deverá deduzir-se por análise do sinal de $\sum \frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{h_i}$.

Estamos agora em condições de realizar a translação de DE, ficando então restabelecido o equilíbrio horizontal de todo o sistema.

A força em desequilíbrio deve calcular-se efectuando o seccionamento das colunas (5) e (6) e das que formam qualquer dos andares separados por AB; o seu valor é:

$$F' = \sum \left(\frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{\frac{h_i}{3}} + \frac{\overline{M}''_{ik}}{\frac{h_i}{2}} \right) =$$

$$= 3 \sum \frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{h_i} + 2 \sum \frac{\overline{M}''_{ik}}{h_i}$$

O momento do andar passará, portanto, a ser:

$$\overline{M}_r = (Q_r + F') \frac{h_r}{3},$$

e os momentos parciais de deslocamento:

$$\overline{M}''_{ik} = (Q_r + F') \frac{h_r}{3} \eta,$$

com $\eta = \frac{3}{2} \frac{f_i}{\sum f_i} \frac{h_i}{h_r}$, como se viu.

A expressão de $\overline{M}_r$, pode tomar uma forma mais favorável às aplicações:

$$\overline{M}_r = Q_r \frac{h_r}{3} + \sum \frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{\frac{h_i}{h_r}} + \frac{2}{3} \sum \frac{\overline{M}''_{ik}}{\frac{h_i}{h_r}}. \qquad (6)$$

A primeira parcela é o momento do andar, escrito inicialmente; as duas outras parcelas, com o significado que a notação conhecida traduz, referem-se às barras cortadas, ou seja às barras (5) e (6), para os quais $\overline{M}''_{ki}$ não existe e $h_{ik} = h_r$, e às barras (1) e (2) ou (3) e (4), conforme o seccionamento tiver seguido por cima ou por baixo de AB, respectivamente.

3 — Exemplo numérico.

Seja o sistema representado na Fig. 4, o qual poderá constituir a parte inferior de uma estrutura de andares múltiplos. Os comprimentos das peças vão indicados junto de cada uma delas; os outros números são proporcionais aos momentos de inércia, fixados aqui apenas com dois valores diferentes, nas colunas duplos dos das vigas.

Suponhamos que a solicitação se reduz à força horizontal de 6 t em B.

Os factores de rotação dos nós são calculados da maneira habitual; por termos reconhecido maior facilidade de arrumação dos números, a disposição usada afasta-se da que é seguida por Kani, aproximando-

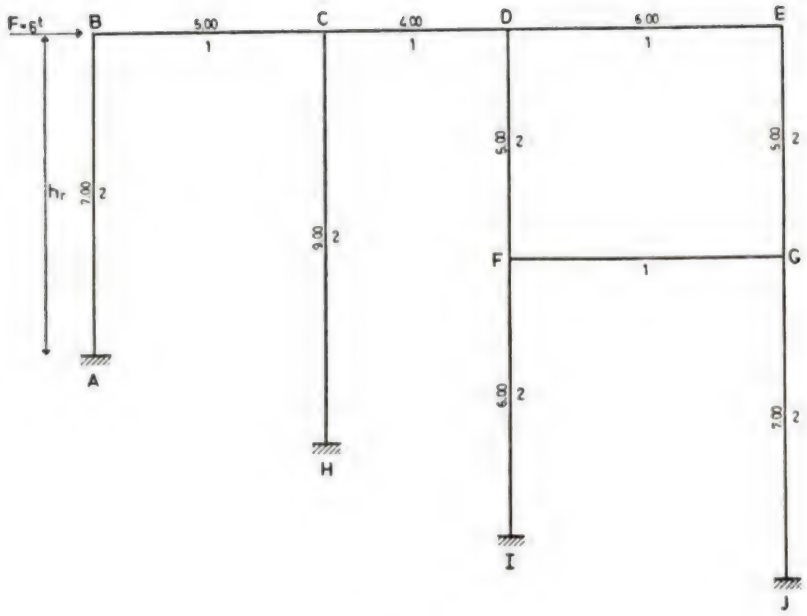


Fig. 4

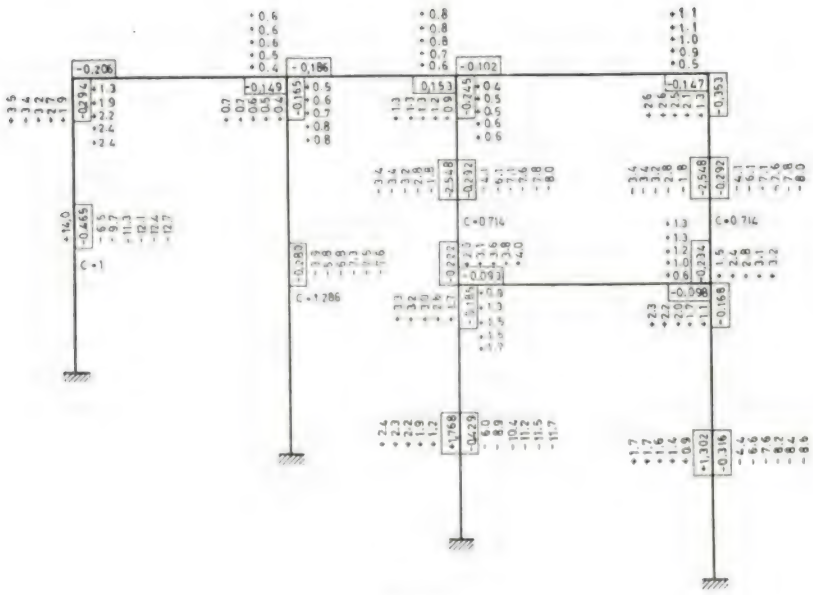


Fig. 5

-se da do método de Cross, da distribuição de momentos. (1)

Segue-se a determinação dos factores de deslocamento η, o que se regista no Quadro I.

(1) Efectivamente a convergência no método de Kani, está normalmente muito longe de ser tão rápida como o autor nos mostra nos exemplos do seu livro, lutando-se com dificuldade de espaço se se adoptar a disposição aí indicada.

Estes factores foram escritos a meio da altura das colunas, do lado inferior.

Calculamos depois os valores de λ.

Estes valores foram registados também a meio das respectivas colunas, do lado superior. Foram igualmente introduzidos no esquema os valores $c = \frac{h_i}{h_r}$, tendo-se omitido para as colunas FI e GJ, por se con-

siderar o seccionamento das colunas seguindo pelo andar superior a FG, no cálculo F'.

Começamos por escrever a primeira série de momentos parciais de deslocamento: — 6,5 em BA, — 3,9 em CH, — 4,1 em DF, — 0,6 em FI, — 4,1 em EG, — — 4,4 em GJ. Seguiu-se o primeiro equilíbrio dos nós.

Posto isto, restabelecemos o equilíbrio horizontal de FG; calculamos $\Sigma \frac{M'_{ik} + M'_{ki}}{h_i}$ para as colunas DF, EG, FI e GJ, trocando, como se disse, o sinal dos momentos de FI e GJ.

Vem $\overline{M}'_{ik} = 0{,}70\ \lambda$, donde os momentos parciais de — 1,8 em DF e EG, + 1,2 em FI, + 0,9 em GJ.

Seguidamente restabelecemos o equilíbrio de BE, calculando os termos da equação (6', compreendendo os somatórios os valores correspondentes a BA, CH, DF e EG. Os valores de $\overline{M}$ no fim deste primeiro ciclo de operações são iguais a — 9,7 em BA, — 5,8 em CH, — 6,1 em DF e EG, — 8,9 em FI, — 6,6 em GJ.

Seguir-se-á um novo ciclo com a mesma rotina, repetindo um número de vezes suficiente para que se considere a aproximação satisfatória.

No fim do 5.º ciclo, tendo ficado o sistema em equi-

Quadro I

	k_i	h_i	h^2_i	$k_i / h_i^2 = f_i$	$h_i/h_r = c$	η_i
AB	0,286	7.00	49	0.00584	1	0,465
CH	0,222	9.00	81	0.00274	1,286	0,280
DF	0,400	5.00	25	0.01600	0,714	0,292
EG	0,400	5.00	25	0.01600	0,714	0,292
FI	0,333	6.00	36	0.00925	0,857	0,429
GJ	0,286	7.00	49	0.00584	1	0,316

Quadro II

	$\frac{k_i}{h_i}$	$\frac{k_i}{h_i^2}$	λ
DF	0,08000	0,01600	2,548
EG	0,08000	0,01600	2,548
FI	0,05550	0,00925	1.768
GJ	0,04088	0,00584	1,302
		0,04700	

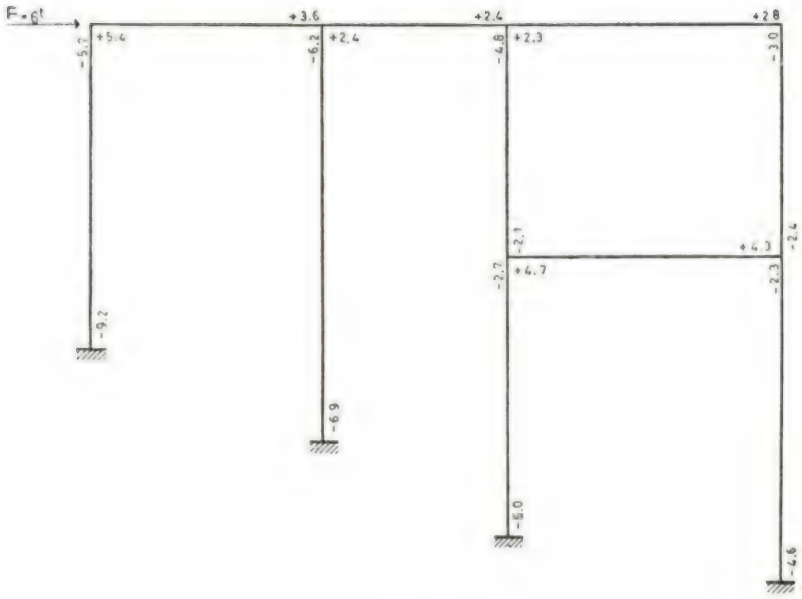


Fig. 6

líbrio quanto a forças horizontais, os momentos de continuidade nos nós são os que se apresentam no esquema da Fig. 6.

O momento no extremo D de DF, igual a — 4,8 tm, foi obtido efectuando — 8,0 — 3,4 + 2 × 1,3 + 4,0.

Os momentos nas vigas e nas colunas AB e CH foram obtidos da maneira habitual.

(Da Revista «Engenharia»)

SUMMARY

This paper deals with the use of Kani's method to the analysis of irregular building frames, i.e., to rectangular structures in which there is not the same number of storis in all the aisles as it sometimes happens for instance in apartment structures.

PRODUTIVIDADE

AS FUNÇÕES DA EMPRESA *(continuação)*

Prosseguimos este artigo com a análise de mais duas das principais funções da empresa — estudos e produção —, problemas importantes e complexos sobre os quais o dirigente se deve debruçar demoradamente, porque deles depende, em grande parte, o êxito dos seus negócios

A — **Estudos**

Na maior parte dos ramos industriais, o progresso técnico desenvolve-se por forma tão rápida, que uma empresa que não melhore continuamente a qualidade dos seus produtos e processos de fabricação, corre o risco de se encontrar, a breve trecho, fatalmente eliminada pelos concorrentes. Desse modo, vê-se obrigada a consagrar o melhor da sua actividade a estudos e investigações de toda a natureza, como meio de adaptação da produção aos mercados. Tal esforço implica as seguintes questões de base:

A empresa tem meios, em pessoal e material, suficientes para os estudos e investigações de que necessita?
A qualidade dos produtos satisfaz as exigências do mercado?
A produção é fundamentalmente constituída por pro-

dutos conformes às mais modernas técnicas ou, pelo contrário, de qualidade antiquada e já ultrapassada? Tem registado novas patentes, vendido licenças de fabrico ou, pelo contrário, comprado ou alugado patentes ou «know-how»?

Meios a utilizar:

Análise dos orçamentos para estudos e investigações e sua comparação com o orçamento geral; cálculo do valor real dos estudos efectuados
Análise comparativa da percentagem de venda de produtos novos.
Estudo dos perfis de idade da linha de produtos e sua comparação com os das empresas congéneres.

B — A Produção

Embora a função produção seja um complexo, um todo indissociável, vamos, para mais fácil descrição, estudá-la segundo cinco ópticas diferentes: instalações e equipamentos, organização e métodos de produção, estandardização, planeamento e controle da produção e controle de qualidade.

I — Instalações e Equipamentos

Estes meios devem ser convenientemente adaptados aos objectivos da empresa, pelo que se põem as seguintes questões de base:

São os locais de trabalho suficientemente amplos e encontram-se convenientemente dispostos?
Têm as máquinas ferramentas uma utilização adequada, por forma a não provocar pontos de estrangulamento no fluxo da produção?
Qual o grau de utilização dos equipamentos?
Há imobilizações excedentárias ou mal utilizadas?
São os planos de renovação de equipamento os mais indicados à consecução dos objectivos da empresa?
Existem métodos de manutenção e reparação de acordo com as instalações e equipamentos existentes?

Meios a utilizar:

Estudo racional da implantação utilizada.
Análise do esquema de circulação da produção, com o objectivo de simplificar, reduzir e mecanizar judiciosamente as movimentações. (Ver gráfico 1).
Elaboração dos «dossiers-máquinas».
Análise dos perfis de idade das instalações e equipamentos, sua adaptabilidade ao trabalho a efectuar e comparação com os mesmos elementos das empresas concorrentes.
Estudo da incidência da conservação nos custos de fabrico e sua comparação com os prejuízos resultantes de paragens por avarias nos circuitos de fabricação.

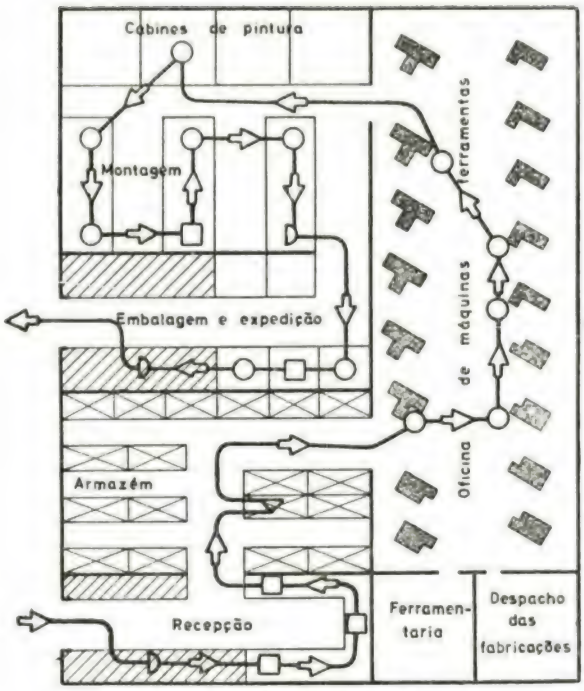


Gráfico I

II — Organização e Métodos de Produção

A organização e os métodos de produção racionais são condições da maior importância para a boa utilização das máquinas. Convém, portanto, estudar com o máximo cuidado a implantação das máquinas, os circuitos fabris, a segurança — fontes frequentes de custos elevados.
Tudo isso implica as seguintes questões de base:

Tem-se procedido a análises dos postos de trabalho e ao estudo dos tempos e movimentos?
Quais os estudos de simplificação do trabalho efectuados pela empresa?
Que medidas de prevenção contra acidentes têm sido tomadas?

Meios a utilizar:

Plano da implantação dos postos de trabalho.
Estudo de métodos, movimentos e tempos.
Instalações de meios e medidas preventivas contra acidentes.

III — Estandardização

Este processo permite economias consideráveis nas fases de aprovisionamento, fabricação e utilização. A empresa tem, portanto, todo o interesse em estudar a estandardização dos seus produtos, com base nas seguintes questões de base:

É muito diversificada a produção da empresa?
Tem havido um esforço constante com vista a especializar, pela redução de variedades, os tipos de produtos?

Possuem os diferentes produtos elementos comuns ou preços iguais?
As fabricações são conformes às normas existentes?

Meios a utilizar:

Consulta da normalização nacional.
Estudo e controle das medidas adoptadas para a redução de variedades dos materiais aprivisionados, dos equipamentos e dos produtos acabados.

IV — Planeamento e Controle da Produção

A forma como as encomendas são executadas pelas oficinas e concluídas nos prazos estabelecidos é um factor importante da produtividade. Compete ao planeamento a distribuição das encomendas para fabrico e o estabelecimento de um plano de trabalho das oficinas ou outros sectores de produção, o que provoca as seguintes **questões de base:**

Preve o planeamento os tempos necessários para cada trabalho?
É efectuado um controle que verifique se os tempos reais correspondem aos previstos?
Existe um programa que permita que as peças fabricadas e os trabalhos executados no exterior estejam

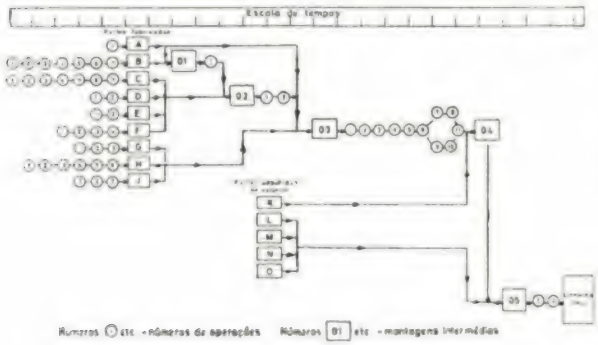


Gráfico II

prontos no momento desejado, possibilitando, assim, a execução das ordens de fabrico de acordo com as datas de entrega?

Evitam-se racionalmente os tempos mortos, de pessoal e equipamento?

Meios a utilizar:

Quadros de planeamento.
Conhecimento da carga de cada máquina ou grupo de máquinas.
Lista de operações para cada produto. (Ver gráfico 2).
Lista de materiais a utilizar.

V — Controle de Qualidade

A expansão de uma empresa depende consideràvelmente dos esforços feitos para assegurar a qualidade dos produtos fabricados.
De maneira geral, as características da empresa ditam a extensão da actividade do sector de controle de qualidade. Essa actividade pode exercer-se desde a compra das matérias primas, até à distribuição dos produtos.
O objectivo final será sempre projectar e formar a qualidade «dentro» do produto, devendo pôr-se para tal as **questões de base** seguintes:

Quais os factores que na empresa afectam a qualidade dos produtos fabricados?
Qual o equilíbrio óptimo entre o custo e o valor da qualidade?
Que meios e métodos de controle se poderão utilizar?
Tem a direcção da empresa insistido na notoriedade dos seus produtos no mercado?

Meios a utilizar:

Estudo das fases do processo de produção onde o controle pode efectuar-se.
Determinação da economia obtida ao instalar-se um determinado sistema de controle de qualidade.
Aquisição de equipamento próprio e instalação de métodos de controle estatístico.
Movimentação e interessamento do pessoal no factor qualidade.

Sumários dos artigos publicados na Técnica n.º 345

Ano XL — Fevereiro 1965

CHAGAS ROQUETE CDU 669.041 : 622.341 (469)

O baixo forno a oxigénio e a valorização de minérios de Moncorvo

Técnica 345 — XL — 2. 1965 pág. 281-286.

Está ainda em fase experimental a utilização do baixo forno a oxigénio, numa época em que o emprego do oxigénio é prática corrente em vastos domínios da metalurgia e da siderurgia. Por este motivo pareceu-nos útil a divulgação de dados resultantes de experimentação realizada a partir de matérias-primas nacionais.

HENRIQUE BRITO CDU 534.111

Estudo de um movimento vibratório não linear com elasticidade do tipo k ($x \pm \varepsilon x^3$)

Técnica 345 — XL — 2. 1965 pág. 339-350.

Apresenta-se um método de determinação das funções $x = x(\cdot)$, $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ e do período, dos sistemas vibratórios de modelo matemático $\ddot{x} + f(x) = 0$; aplicando-o depois no estudo dum movimento livre, não amortecido, de elasticidade do tipo k ($x \pm \varepsilon x^3$).

CAETANO CARREIRA CDU 658.5.015:623.81

Regulação sintética da produção num estaleiro naval.

Técnica 345 — XL — 2. 1965 pág. 287-316.

Para regular a produção são propostos 2 métodos que podem usar-se, isolada ou simultâneamente; os métodos analítico e sintético.
No método analítico o cálculo das cargas e a sua consequente manobra são feitos por um processo de integração a partir de dados analíticos ao passo que no método sintético se procede por derivação a partir dos dados globais com dispensa duma preparação prévia de todos os trabalhos.
Vê-se assim que a regulação sintética é menos precisa que a analítica mas em compensação é muito mais expedita.
Estes métodos são complementares e podem usar-se simultâneamente na mesma empresa, o sintético para a regulação forte e integral, o analítico para a regulação fina e precisa.

J. RIBEIRO SARMENTO CDU 624.041.2 : 518.6

Aplicação do método Kani a estruturas reticuladas irregulares

Técnica 345 — XL — 2. 1965 pág. 351-385.

Este trabalho estuda a aplicação do método de Kani à análise de estruturas reticuladas irregulares, isto é, a estruturas rectangulares em que o número de andares não é o mesmo em todas as alas, como acontece, por vezes, em edifícios de apartamento.

LUCIANO LORO CDU 624.07 [012.47] 2.2 : 518·5

A utilização de computadores no dimensionamento de vigas de betão pré-esforçado

Técnica 345 — XL — 2. 1965 pág. 317-338.

Refere-se o presente trabalho à elaboração pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de dois programas para a verificação e dimensionamento de secções pré-esforçadas pós-tensionadas.
O primeiro programa «Cálculo de verificação de vigas pré-esforçadas pós-tensionadas» permite, como o seu nome indica, a verificação pormenorizada de 4 secções (a meio vão, a um terço de vão, a um sexto de vão e junto aos apoios).
O segundo programa «Escolha de secções óptimas para vigas pré-esforçadas pós-tensionadas» permite a concepção e verificação pelo próprio computador, da secção ideal sob os aspectos estrutural e económico considerando quaisquer especificações que de antemão se impunham no relativo a formas geométricas e a materiais a utilizar.

Summaries of articles published in «Técnica» No 345

XL — February 1965

HENRIQUE BRITO — UDC 534.11

Study of a non-linear vibrating movement with elasticity type k ($x \pm \varepsilon x^3$)

Técnica No. 345 — XL — 2. 1965 pp 339 to 350.

This paper presents a method for the determination of the $x = x(t)$, $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ functions, and period, of vibrating systems of $\ddot{x} + f(x) = 0$ differential equation ; an application is done to the study of a free movement, undamped with elasticity type k ($x \pm \varepsilon x^3$).

CHAGAS ROQUETE — UDC 669.041.622.341(469)

The low shaft oxygen furnace and the valorization of the Moncorvo minerals

Técnica No. 345 — XL — 2. 1965 pp 281 to 280.

Today the use of oxygen is a common practice in very extensive fields of iron and steel metallurgy, but the utilisation of the low shaft furnace operating at oxygen is still in experimental way. Terefore, it seems of some interest the divulgation of the experimental data obtained with portuguese raw materials.

SARMENTO, J. A. RIBEIRO — UDC 624.041.2 : 518.6

Use of Kani's method to the analysis of irregular building frames

Técnica No 345 — XL — 2. 1965 pp 351 to 358.

This paper deals with the use of Kani's method to the analysis of irregular building frames, i.e., to rectangular structurs in which there is not the same number of stories in all the aisles as it sometimes happens for instance in apartment structures.

CAETANO CARREIRA — UDC 658.5.015 : 623.81

Production's sinthetic regulation in building slip

Técnica No. 345 — XL — 2. 1965 pp 287 to 316.

Two methods may be used to control the production, both alone or simultaneously. They are analytical and called syntethic methods.
The first one consists of preparing previously all the work to be performed, so the execution orders to each craftsman be given by means of a job ticket, with an allowed time on. The best sequence of all the jobs, required by a client's order, is then established. As this as been made for all the orders, the responsible for the production.
The synthetic method uses a derivation process, applied to integral values of certain variables, without the previous preparation of all the jobs.
As a matter of fact the two methods are complementary and may be used simultaneously in the same firm, the synthetic one for basic and integral production control, the analytical one for the fine and parcial production control.

LUCIANO LOBO — UDC 624.07 [012.47] 22 : 518.5

The utilization of computers on the design of prestressed concrete beams or girders

Técnica No. 345 — XL — 2. 1965 pp 317 to 338.

The present paper describes the preparation at the Laboratório Nacional de Engenharia Civil of two programs for the design and analysis of post-tensioned prestressed concrete beams, or girders
The first program «Analysis of post-tensioned prestressed concret beams» comprises a detailed analysis of stresses in 4 cross sections (mid-span, one-third span, one sixth span and near the supports).
The second program «Designed of optimum cross sections for post-tensioned prestressed concrete beams» enables the computer itself to find and analyse an optimum cross section from the strutural and economic stand point taking into account any preassigned conditions regarding the shape and the materials to be used.

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Gomes de Pina, Caetano Gonçalves, Barbosa Colen, Girão Pina, Helena Alves, Farinha Martins e Costa Monteiro

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. U. 551.510.4 : 53:083

«Méthodes de Mesure de la Pollution Atmosphérique»
Public. O.C.D.E., n.º 1256, Jan. 1965. 97 págs.

Brochura escrita por um grupo de peritos de 15 países membros da O.C.D.E., sob os auspícios do «Comité de la Recherche Scientifique» desta organização

Os resultados dos estudos realizados são expostos na obra pela ordem seguinte:

Cap. I — Relatório geral de actividades.
Cap. II — Medidas dos fumos.
Cap. III — Madida do anidrido sulfuroso.
Cap. IV — Medida do anidrido sulfúrico.
Cap. V — Medida dos hidrocarbonetos.
Cap. VI — Medida do fluor.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 531.7

Les mesures physiques dans le cadre des radiations de haute énergie — *A. Bérard.*
Mesures Régulation-automatisme, 4-964, vol. 29, n.º 4, pág. 67.

O autor examina o problema geral das radiações, cuja energia ultrapassa o Megaelectrãovolt, para fazer entrar neste quadro as produzidas pelo Co^{60} cujo uso está actualmente muito espalhado).

C. D. U. 532.5 : 538

Open-cycle MHD Studies design and operation of a permanent marquet rig — *A. Kennedy* e *G. I. Womack.*
Electrical Review, 9-10-964, vol. 175, n.º 15, pág. 550

Processo de converter calor em electricidade — Magneto hidro-dinâmico (M H D).

C. D. U. 534.833 532 : 621.314.21

Reducing the noise of an existing transformer by enclosure — *L. Jeemp.*
AEI Engineering, 11/12 964, vol. 4, n.º 6, pág. 316.

C. D. U. 534.862.2

A compact system of 10 octave loudspeakers — *G. Slot.*
R. G. T. Monitor, 7-964, vol. 4, n.º 1, pág. 12.

C. D. U. 536.53

Un pyromètre automatique à deux couleurs — *F. Lienewey* e *K. Menge.*
Mesures — Régulation — Automatisme, 3-964, vol. 29, n.º 3, pág. 67.

C. D. U. 539.124

Une application des rayons Bêta: La mesure des épaisseurs de couches — *V. Ropers.*
Mesures — Régulation — Automatisme, 4-964, vol. 29, n.º 4, pág. 94.

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA

S. A. R. L.

FABRICANTE DE ISOLADORES PARA EQUIPAMENTO DE SUB-ESTAÇÕES TRANSFORMADORES E DE LINHAS DE TRANSPORTE DE ENERGIA EM ALTA TENSÃO

fabrica igualmente

- isoladores de baixa tensão
- pequena aparelhagem eléctrica em baquelite e porcelana
- tubo plástico "Polivoli" para protecção de condutores
- material em refractário especial para aparelhos de aquecimento

DANIEL VIDAS

SEDE: L. BARÃO DE QUINTELA, 3-1.º — LISBOA
FÁBRICA — CANDAL — VILA NOVA DE GAIA

EC 61-I

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

■ ■ ■

SERRALHARIAS, CALDEIRARIA, FERRARIA, FUNDIÇÕES

■ ■ ■

ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 86 19 72

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA DE S. BENTO, 644-3.º

Telefones: 68 80 96/7/8 ✦ Telegramas: **SETANSOL**

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

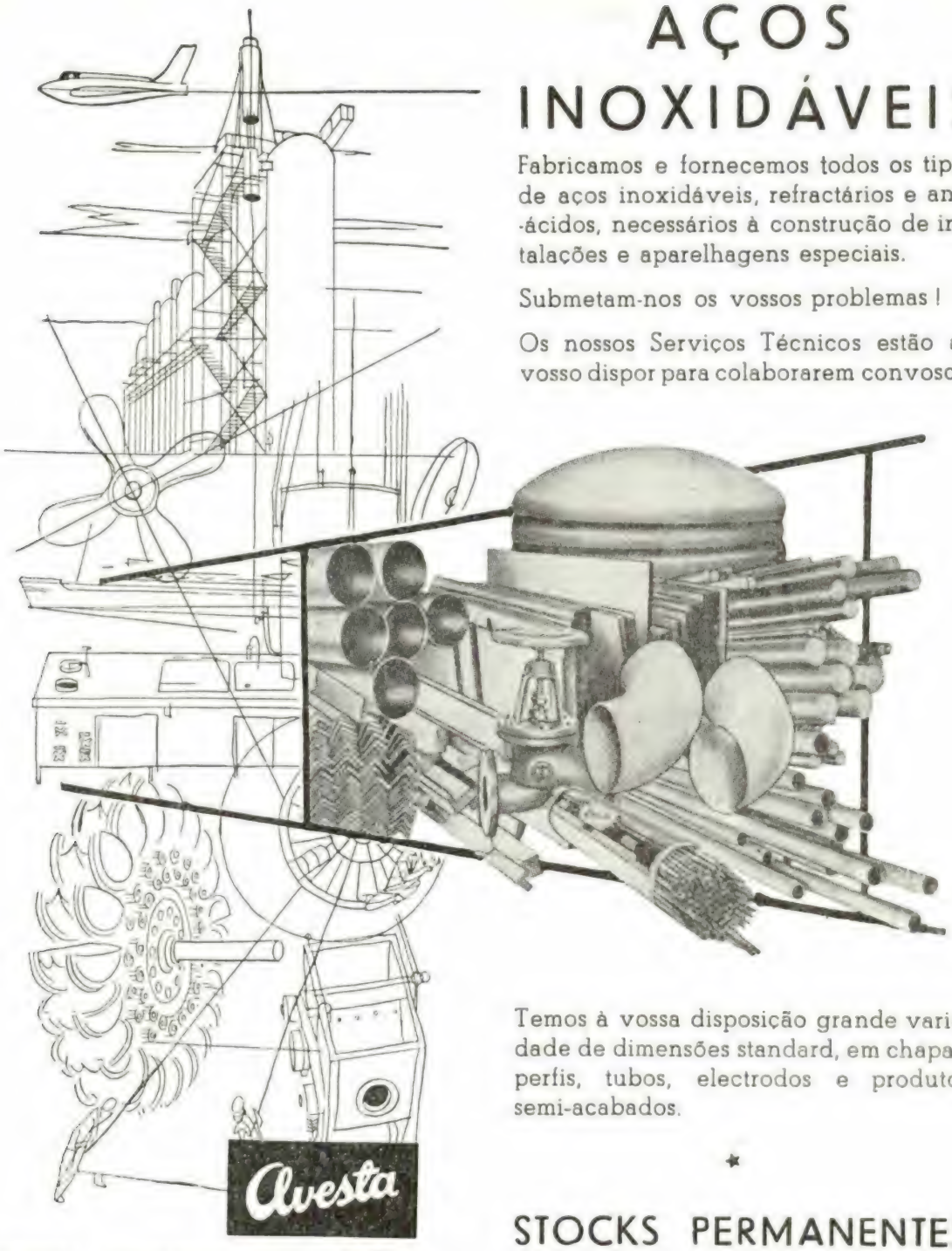
Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

C. D. U. 547.23 : 543.422.5

Spectrophotometric determination of iron and aluminum in silicose polymers — *Fujiwara, S. and H. Napaski.*

Analytical, Chemistry, Washington, vol. 36, pág. 206-7, 1 964.

C. D. U. 547.298.1 : 621-233

Aspects of the behaviour of polyamide as bearing materials — *G. H. Maner, M. R. Mustafa, D. Tudor, G. H. Vasilea.*

Buletinul Institutului Politehnic Bucaresti, 1/2-964, n.° 1, pág. 79.

C. D. U. 620.14.018.8

Sulfuric acid. Its increasing importance. Its attack on steel plate. Its effects on copper — *Nelson, G. A.*

Materials Protection, Houston (Texas), vol. 3, n.° 1, 1-964, pág. 24.

C. D. U. 620.19

Méthode d'essai de corrosion par un gaz constamment renouvelé — *Gillardeau J., Vincent L. M.* e *Dixmier J.*

Métaux, Corrosion, Industries, Saint-Germain-en-Laye (Paris), vol 39, n.° 462, 2-964, pág. 55.

C. D. U. 620.193 : 621.65

Selective corrosion on turbine water pumps — *Adair, Frank C.* e *Newton, Joe D.*

Materials Protection, Houston (Texas), vol. 3, n.° 1, 1-964, pág. 22.

C. D. U. 620.193 : 669.24

Influence of pH on corrosion and passivation of nickel — *Davies, D. E.* e *Barker W.*

Corrosion, Houston (Texas), vol. 20, n.° 2, 2-964, pág. 47.

C. D. U. 620 197

Anodic activations of iron — *Kashcheev V. D., Kabanov B. N.* e *Leikis D. I.*

Corrosion, Houston (Texas), vol. 20, n.° 2, 2-964, pág. 54.

C. D. U. 621-5 : 621.74

Control is key to investment casting quality — *Porter, C.; J. Hockin.*

Foundry, Cleveland, vol. 91, (12), 12-963, pág. 48-53.

C. D. U. 621.039

The quest for controlled thermonuclear power — *A. A. Ware.*

Electronics and power (IEE), 5-965, vol. 11, pág. 12-16.

C. D. U. 621.165-546

Regulacion de turbogrupos de vapor — *Alexander Raab.*

AEG al día, 1963, n.° 2, pág. 126-143.

C. D. U. 621.165

Turbinas de vapor industriales — *Kurt Kreuter.*

AEG al día, 1963, n.° 2, pág. 181-196.

C. D. U. 621.3.078 : 531.76.08

Synchronisation et remise à l'heure automatique d'appareils horaires — *L. Balvay* e *J. Chauniot.*

Mécanique Electricité, 12-963, n.° 172, pág. 54-57.

C. D. U. 621.311.21/624.07,518.5

Cálculo de estabilidade de instalações hidroeléctricas — *Carlos Portela.*

Electricidade, 1963, n.° 27, pág. 218-224.

Apresenta-se um método de cálculo de instalações hidro-eléctricas baseado no «sistema de equações» da formulação do problema apesentado pelo prof. Lucien Bonel. Faz-se designadamente o cálculo das parcelas em que se pode decompor o «regime livre» de todas as grandezas do sistema, na transição entre dois regimes de equilíbrio. Pode-se definir assim com um significado razoável um «grau» ou «graus» de instabilida de instalação.

C. D. U. 621.311.22 : 658.23 : 621.165.002.2

Influencia del planeamiento de centrales eléctricas sobre el dimensionado de turbinas de vapor — *Hans-Robert Pink.*

AEG al día, 1963, n.° 2, pág. 89-98.

C. D. U. 621.311.22.003.1

Comment réaliser des centrales thermiques présentant moins de pertes — *Karl Schröder.*

Rev. Siemens, 23 (1965) n.° 1, pág. 3-9.

Nas centrais térmicas designam-se em geral como perdas ùnicamente as perdas térmicas. Também é preciso avaliar a rentabilidade dos melhoramentos de consumo de calor em função dos investimentos suplementares que dele resultam. Não basta portanto estudar certos complexos isolados mas ter também em conta as repercussões sobre o conjunto. Tais estudos de rentabilidade envolvem um trabalho considerável e só podem ser levados a cabo com auxílio de calculador electrónico.

C. D. U. 621.313.322-81.62-713.1

Turbogeneradores refrigerados por agua — *Karl Wanke.*

AEG al día, 1963, n.° 2, pág. 197-207.

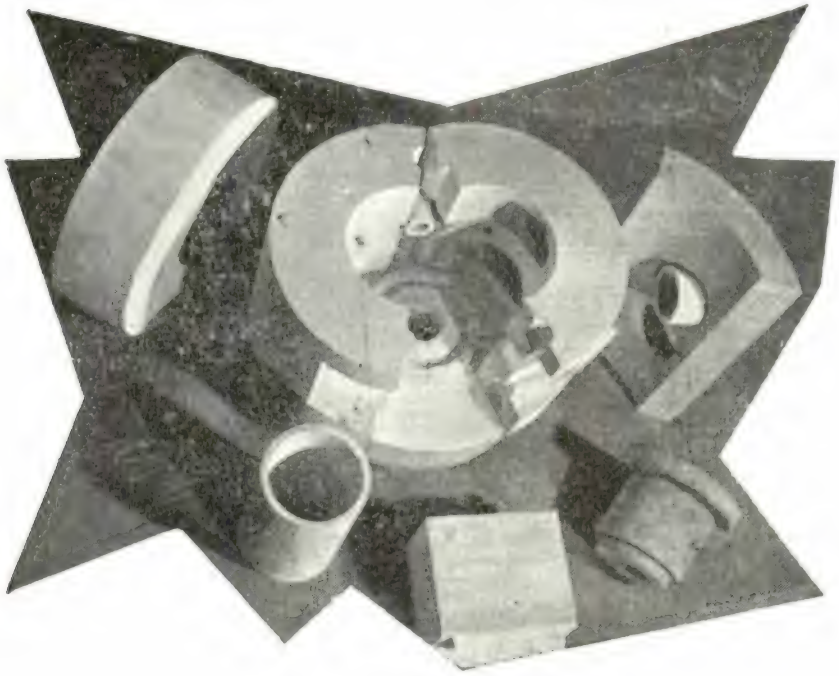
C. D. U. 621.313.322-82 (73)

Les nouveaux alternateurs de la centrale hydroélectrique de Wilson Dam (Etats-Unis).

Rev. Brown Boveri, t. 50 (1963), n.° 3, pág. 176-184 8 fig., 1 tabl., 2 ref. bibl.

a técnica moderna emprega

BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e

SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATÉ 1800° C
REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos BETÕES REFRACTÁRIOS a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO, L.DA

P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

C. D. U. 621.316.312

Post extérieur à 132 kV du barrage d'Assouan, Égipte — *Vitels, G.*

ASEA-Revue 36 (1964): 5, pág. 95-99.

O artigo faz uma boa descrição do posto exterior da barragem do Assuão. Estudam-se a central, as condições técnicas, a ligação entre a central e o posto, o esquema o comando, a construção do posto, o aparelhagem, a linha de terra, a montagem e a sua utilização em serviço.

C. D. U. 621.316.54

Aparelhs de commande locale pour départs de moteurs de centrales thermiques — *Günter Eifert.*

Rev. Siemens, 23 (1965) n.º 2, pág. 70-71.

Até agora, existia uma grande diversidade de aparelhos de comando local para arranque de motores de centrais térmicas.

Em conformidade com as tendências de racionalização e normalização, pede se um aparelho de comando local de tipo uniforme. O autor descreve um aparelho de comando local que satisfaz a todos os requisitos respeitantes a ligações de ensaio e corte em caso de avaria.

C. D. U. 621.375.9.029

Lasers and their applications (Report on a conference at Savoy Place-IEE).

Electronics and Power, 1-965, vol. 11, pág. 30-31.

C. D. U. 621.382.3

Nouveaux transistors — *Armin Boader.*

Rev. Siemens, 1964, n.º 2, pág. 66-69.

C. D. U. 621.385.833

Le microscope électronique et ses applications métallurgiques — *F. Lafay.*

Mécanique Electricite, 2-964, vol. 48, n.º 174, pág. 31.

C. D. U. 621.389

Microelectronic Devices — *C. P. Sandbank.*

Electrical Communication, 1963, vol. 38, n.º 3, pág. 325

C. D. U. 621.395.342.24-182.3

Centres urbains mobiles pour l'extension des réseaux téléphoniques — *D. Westendonpf.*

Revue Siemens, 1964, n.º 3, pág. 86-91.

C. D. U. 621.395.34

Quasi-Electronic Translator in Telephone Direct Distance Dialing — *Th. Burian, H. Nordsieck.*

Electrical Communication, 1964, vol. 89, n.º 3, pág. 444-450.

C. D. U. 621.396,616

Quartz-Crystal Frequency Standards — *K. Baulk.*

Electrical Communication, 1964, vol. 39, n.º 3, pág. 413-422.

C. D. U. 621.396.677

Cassegnainian Antenna for Ground Stations — *A. Scheiner, W. Spanos, R. Edwards.*

Electrical Communication, 1964, vol. 39, n.º 1, pág. 73-79.

C. D. U. 621.396.73

International Mobile Radio Equipment — *G. Sidow, G. Niros, M. Bruley.*

Electrical Communication, 1964, vol. 39, n.º 3, pág. 346-369.

Faz-se o estudo de um equipamento de radio móvel tipo, tendente a eliminar as diferenças existentes entre os diversos equipamentos actualmente existentes nas diversas nações quer para fins civis quer militares.

C. D. U. 621.396.946

Transportable-Station Operation with Telstar and Relay Satellites — *J. E. Drucken.*

Electrical Communication, 1964, vol. 39, n.º 1, pág. 113-122.

C. D. U. 621.397.9

Liaison mobile pour caméra de télévision utilitaire — *R. Scohy.*

Acec Revue, 1964, n.º 3, pág. 23-25.

C. D. U. 621.74

Finning in cores — Report sub-committee TS61 of technical council.

The British Foundryman, London, vol. 52, 2-964, pág. 75-89.

C. D. U. 621.742.41

A rapid method for determination of the concentration aqueous mould and core blacking mixture — *Morgan, A. D.*

BCIRA Journal, London, vol. 11, 11-963, pág. 732-740.

C. D. U. 621.744

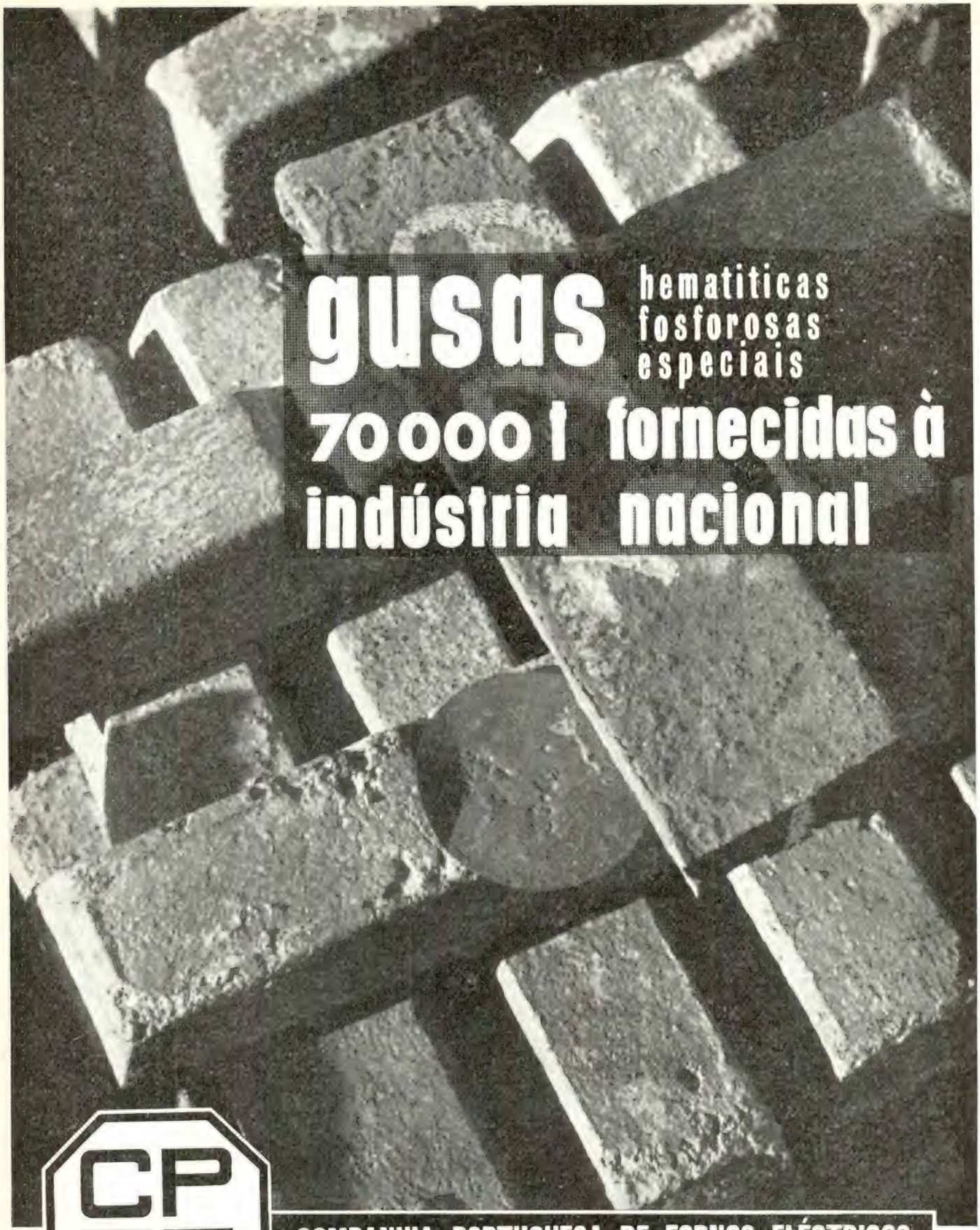
Methods and materials used in steel foundry practice — *Bird, B.*

The British Foundryman, London, vol. 56, 11-963, pág. 465-472.

C. D. U. 621.745.34

Cupola melting of iron calcium caroide — *Chernogorov, P. V.; V. A. Izosimov.*

Russian Castings Production, London, 5-963, pág. 198-200.



CP
FE

COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

Capital 60 MIL CONTOS S A R L

Largo de S. Carlos, 4 Lisboa · 2

C. D. U. 621.746.512

Casting quality influenced by temperature control — *Rieger, T. E.*

Foundry, Cleveland, vol 91, 1-963' pág. 61-63

C. D. U. 621.822.8

Geometrie der Wölbung von Laufflächen — *I. Lipka*

Acta Technica, 1960, vol. 31, n.º 3-4, pág. 359-390.

C. D. U 621.9-503.55

Programmateur électrique pour machines-outils, exemple d'application à un tour vertical — *Echner, W.*

Rev. Brown Boveri, t. 50 (1963), n.º 4/5, pág. 289-296; 5 fig., 9 tabl.

C. D. U. 621.944.2 : 621.313-71

Installations de refroidissement pour les commandes principales de laminoirs — *Holzenbein.*

Revue Siemens, 1964, n.º 2, pág. 44-50.

C. D. U. 621.979-82

Winding technique makes possible very light hidraulic presses and hightpressure chambers — *Johnsson, S.*

ASEA Journal 37 (1964) :6-7, pág. 107-112 [First published, in German, in Antriebstechnik 3(1964):1 ,pp. 9-12].

C. D. U. 622.411.5 + 616.24(469)

A Prevenção técnica da silicose e o «contrôle» dos empoeiramentos — *Ricardo Jorge Macedo.*

Estudos, Notas e Trabalhos do Serviço de Fomento Mineiro, 1962, vol. 16, fasc. 1-2.

C. D. U. 621.946-83

Equipements d'entraînement à courant continu, avec réglage de vitesse, pour bancs et machines à étirer — *Bänninger R. et C. Richter.*

Rev. Brown Boveri, t. 50 (1963), n.º 4-5, pág. 297-307; 14 figs., 4 ret. bibl.

C. D. U. 624.138

Notas sobre estabilização de solos — *U. Nascimento.*

Memória n.º 231, L.N.E.C.

C. D. U. 625.03

Seitenkräfte Zwischen Rad und Schiene — *S. Jonhsson, P. G. Olson.*

ASEA Research, n.º 4, pág. 113-130.

C. D. U. 625.17 : 621.398

Geographic Relay System for Railboard Interlocked Routing — *W. Schmitz.*

Electrical Communication, 1964, vol. 39, n.º 3 pág. 383-402.

C. D. U. 625.18 ; 625.31

Electrificação dos caminhos de ferro — *Pedro de Brion, J. V. Vicente, E. Salvado.*

Electricidade, 1963, n.º 26, pág. 99-111.

C. D. U. 625.2(52)

Étude théorique sur la vibration verticale forcée d'une voiture à bogies — *Nobuo Matsui.*

Bulletin Mensuel de l'A. I. du Congrès des Chemins de Fer, 7-1964, vol. 41, n º 7, pág. 796.

C. D. U. 625.25 (02)

Sur la question de choix d'un système standardisé du frein électropneumatique pour les relations internationales — *V. M. Kvzarinov* e *V. G. Inozemtev.*

Bulletin Mensuel de l'A. I. du Congrès des Chemins de Fer, 9-1964, vol. 41, n.º 9, pág. 931.

C. D. U. 627.82.001.57

Some special problems relative to concrete dams solved by model tests — *F. da Silveira, M. Cruz Azevedo, M. J. E. Ferreira.*

Technical Paper n.º 228, L.N.E.C.

C. D. U. 627.82.04.001.57

Construction of models of concrete dams for elastic tests — *M. Cruz Azevedo* e *M. J. Esteves Ferreira.*

Technical Paper n.º 232, L.N.E.C.

C. D. U. 627.82.042.5.001.57

The use of models to determine temperatures stresses in concrete dams — *M. Rocha* e *A. F. da Silveira.*

Technical Paper n.º 230, L.N.E.C.

C. D. U. 628.1 : 621.294 : 621.534 : 621.34 (493)

La distribuition d'eau potable de la région anversoire. L'équipement des stations Élévatoires de Notmeir, Walem et Luithagen — *M. Bousette.*

Acec Revue, 1963, n.º 3, pág. 2-21.

C. D. U. 629.139.1 : 624.138.51

Solo-cimento em bases ou sub-bases de pavimentos de aeródromos — *D'Almeida, R. M. T.*

Fomento (Lisboa) 2 (3): 23-39, 3.º trim. (1964).

C. D. U. 627.826.04.001.57

Experimental studies of multiple arch dams — *M. Rocha, J. Laginha, Serafim* e *A. de Figueiredo.*

L. N. E. C. — Technical Paper 202.

C. D. U. 66.07-008

Estudio tecnológico de la absorción en lecho fluidozado — *Ramón Anguita Delgada.*

Ion, 1-1963, vol. 258, pág. 2.

SORVAL

SOCIEDADE DE REPRESENTAÇÕES VASCONCELOS, L.DA

Rua Artilharia Um, 104-4.º-Esq. — Lisboa

Telef. 65 12 29 - 65 12 20

REPRESENTANTE DOS EQUIPAMENTOS DE SOLDADURA

ELÉCTRICA

HOBART WELDERS · ELECTRODES

Soldadura automática em arco submerso

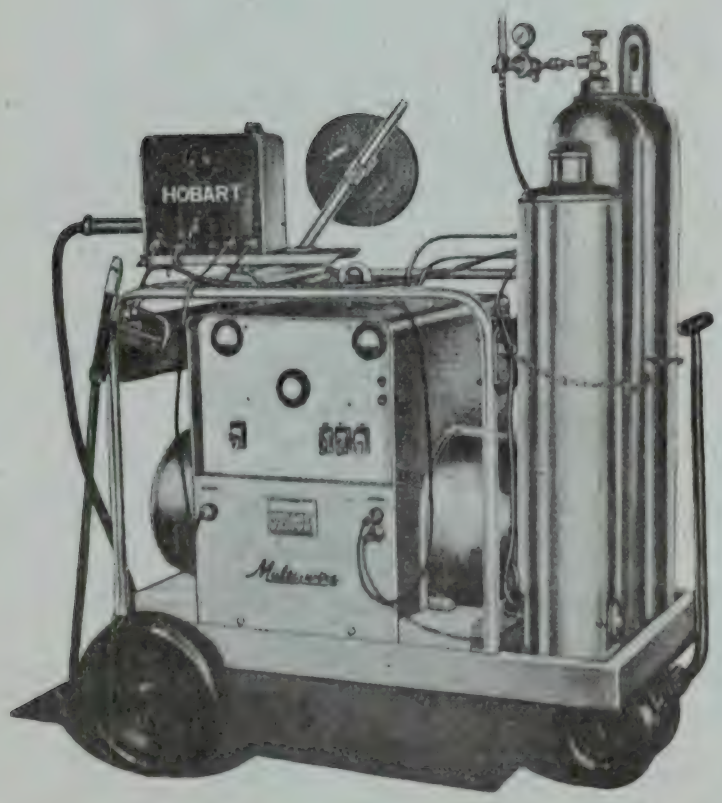
Soldadura automática em atmosfera de CO_2

Soldadura semi-automática «Processo Mig»

Em atmosfera inerte «CO_2 ou Argon»

Intensidades até 500 Amperes «Multi-Wire»

Intensidades de 150-200-300 Amp. «Micro-Wire»



SOLDADURA EM ATMOSFERA INERTE «PROCESSO TIG»

EQUIPAMENTOS DEBITANDO CORRENTE CONTINUA E ALTERNA

AC - COM ALTA FREQUÊNCIA
DC - COM ADIÇÃO DE ALTA FREQUÊNCIA PARA FACILIDADE DE ESTABELECIMENTO DO ARCO

TOCHAS PARA ARGON DESDE 75 A 500 AMP.

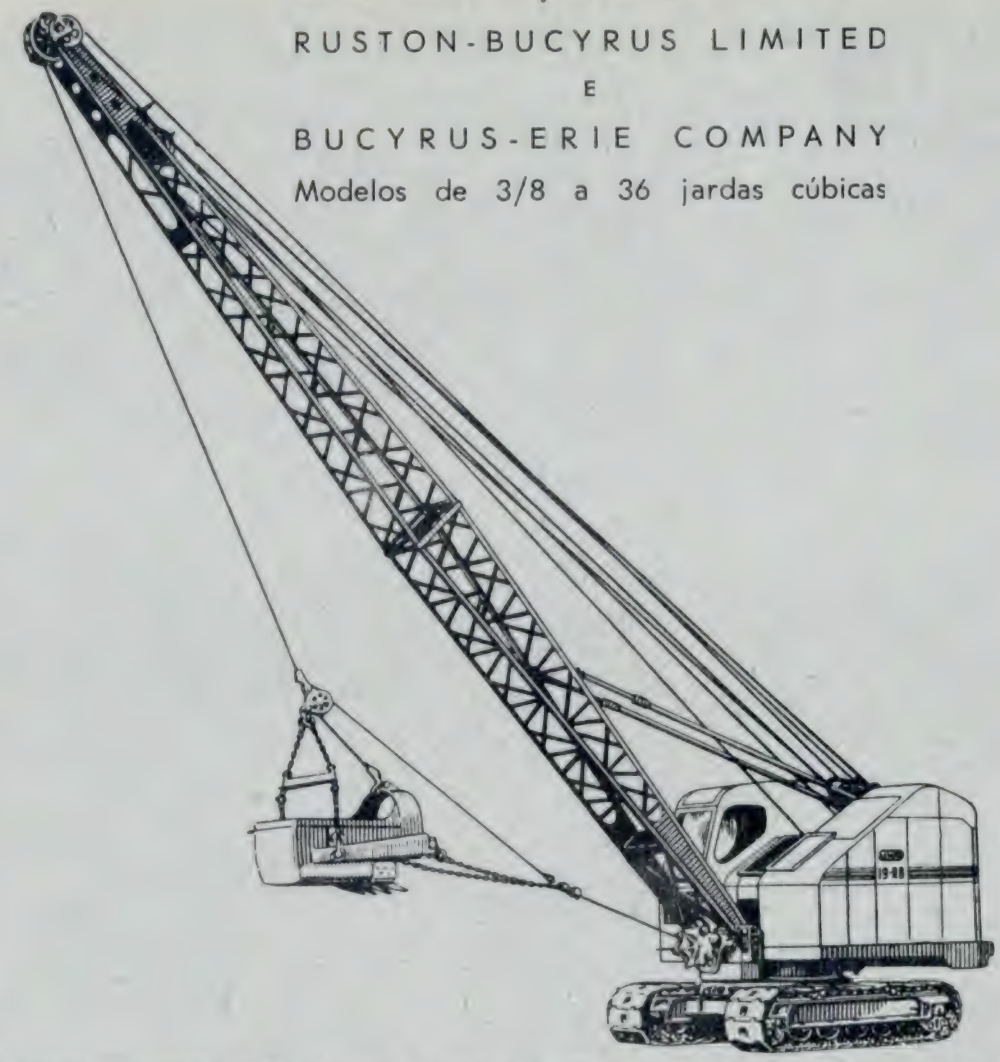
ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS LIMITED

E

BUCYRUS-ERIE COMPANY

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Escavadoras modelo 30 RB, de 1 jarda cúbica de capacidade, com comandos a ar comprimido

As escavadoras RUSTON-BUCYRUS e BUCYRUS-ERIE são as mais conhecidas mundialmente e as mais utilizadas em todo o território português

Stock permanente de peças sobresselentes ★ Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados ★ Ensino e treino de operadores

Representantes exclusivos para Portugal Continental e Ultramarino

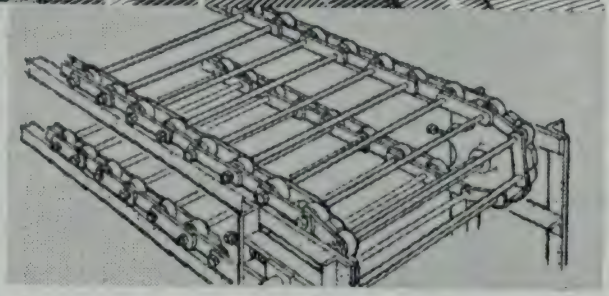
MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 (ALCÂNTARA) ★ **LISBOA**

PORTO LUANDA LOURENÇO MARQUES

RENOLD

CORRENTES de aço PARA TRANSPORTADORES e ELEVADORES



Seja qual for o serviço, Renold — os maiores fabricantes do mundo de correntes — podem fornecer a corrente apropriada a preço convidativo.
A gama, em depósito, até 13.600 Kg de carga de rotura, satisfaz a 95% das necessidades normais.
Por encomenda, pode-se fornecer correntes até 136.000 Kg de carga de rotura.

Para informações ou fornecimentos, escreva, visite ou telefone:

HARKER, SUMNER & Ca. Lda.

PORTO: 38, Rua de Ceuta, 48
Apartado No. 162
Tel: 27054-P.P.C. (4 linhas)

LISBOA-2: 14, Largo do Corpo Santo, 18
Tel: 324823-35124

RENOLD

RENOLD CHAINS LIMITED
MANCHESTER INGLATERRA

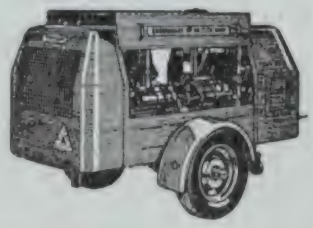
TOURNAPULLS
BULLDOZERS
MOTOR-SCRAPERS
TRACTORES
MOTO NIVELADORAS
CAMIONS BASCULANTES

DUMPERS

Capacidades de 10 a 120 Tons

"BROOMWADE"

COMPRESSORES
PORTÁTEIS E FIXOS
FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS



Até 60 M3/MIN

GUEDES & ALMEIDA, LDA. + R. Áurea, 181-2.° — Tel. 32 78 45 + LISBOA 2

PINÇAS FERRANTI

PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS, S. A. R. L.

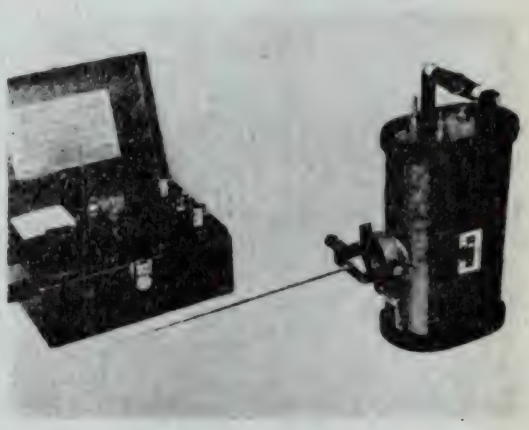
29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL
AVENIDA DA LIBERDADE, 29-41 — LISBOA
160, RUA STA. CATARINA, 168 — PORTO

RAIOS X INDUSTRIAL

EXAMES NÃO DESTRUTIVOS DE MATERIAIS POR MEIOS DE

RAIOS X · RAIOS BETA · RAIOS GAMA · RADIOISOTOPOS · ULTRA-SONS · MÉTODOS MAGNÉTICOS LÍQUIDOS PENETRANTES OU FLUORESCENTES · LUZ WOOD MEDIÇÃO DE ESPESSURAS



MOD. MT 220/6

PARA AS INDÚSTRIAS
METALOMECÂNICAS · DE FUNDIÇÃO DE PLÁSTICOS · DE CONSTRUÇÃO NAVAL DE ESTRUTURAS METÁLICAS · DE AUTOMÓVEIS · DE CONSTRUÇÃO CIVIL · QUÍMICAS E PETROQUÍMICAS

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS

MONTERROSO & C.A, L.DA

R. do Campo Alegre, 606-1.º-PORTO-Tel. 64695
Av. Almirante Reis, 95-A-LISBOA-Tel. 553676

FUNDAMENTOS DAS RADIOCOMUNICAÇÕES

POR

MANUEL JOSÉ ABREU FARO

PROF. DO I. S. T.

PREÇO = 30$00 DESCONTO 10% AOS ASSINANTES

EDIÇÃO DA TECNICA

COMPANHIA CIMENTO TEJO

CIMENTOS PORTLAND NORMAIS
E ESPECIAIS

MARTIN WEIGEL

APARELHOS DE MEDIDA

AMPERÍMETROS.
VOLTÍMETROS.
FREQUÊNCÍMETROS.
FASÍMETROS.
ETC.

REPRESENTANTE:

SOTÉCNICA

SOCIEDADE ELECTROTÉCNICA, LDA.

R. do Vale do Pereiro, 8, 2.º–Telefs. 68 91 37/8/9–LISBOA

Delegação do Porto:
R. Faria Guimarães, 488, 2.º Telef. 4 54 85 — PORTO

PATRICK THOMPSON, LDA.

Rua Silva Carvalho, 234 r/c e 234-B

TELEFS. 68 45 04 e 65 28 62

MÁQUINAS E EQUIPAMENTO
para as indústrias de
PRODUTOS ALIMENTARES
COSMÉTICOS
FARMACÊUTICOS E QUÍMICOS

BOMBAS
centrífugas "ARDUA"
em metais especiais
para fluidos corrosivos

HOMOGENEIZADORES	AUGUSTE ET DES MOUTIS
FILTROS	FILTRES PHILIPPE
GRUPOS DE ENCHIMENTO	ALBRO FILLERS & ENG. CO. LTD.
MÁQUINAS DE LAVAR	DAWSON BROS. LIMITED
MÁQUINAS DE ROTULAR	MORGAN FAIREST. LIMITED. NEWMAN LABELLING MACHINES, LTD.
PASTEURIZADORES	S. BRIGGS & CO.

PLANIFICAÇÃO E MONTAGEM DE INSTALAÇÕES COMPLETAS DE ENGARRAFAMENTO

Oficina e Laboratórios

do

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas áos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

AUTOMÓVEIS

— **AUSTIN — J. J. Gonçalves, Suc.**
R. Alexandre Herculano, 4 — Lisboa
Telef. 57 41 44.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Construções Técnicas**
P. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.º D — Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS

— **Fassio, Ld.ª**
R. Jardim do Regedor, 20-32 — Tel. 36 19 02 — Lisboa 2

— **Guedes & Almeida**
R. de S. Nicolau, 71-4.º — Tel. 2 50 80 — Lisboa.

— **Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

— **SMEIA**
Av. Padre Manuel da Nobrega, 8-B-1.º

— **Monteiro Gomes, Ld.ª**
Rua Cascais, 47 (Alcântara).

FUNDAÇÕES

— **Construções Técnicas**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagem e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 62 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Anselmo de Matos**
Av. Almirante de Reis, 179, r/c — Lisboa 1 — Telef. 4 64 39.

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

— **Orlando Fernandes**
Rua Palmira, 46-A-B-C — Lisboa 1 — Tel. 83 01 63 e 84 26 39.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Papelaria Fernandes**
Largo do Rato, 13 — Lisboa.

— **Pimentel & Casquilho**
R. Jardim do Regedor, 24, 2.º
Lisboa-2 — Tel. 32 43 14 — 32 42 48.

— **SOLARI — Urbano Miranda**
R. Frei Francisco Foreiro, 2-r/c. esq.
Tel. 5 87 85 — Lisboa

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

— **DAMPA — Bell's e Comp., Ld.ª**
Av. Padre Manuel da Nóbrega, 13-B—Tel. 71 44 10 — Lisboa.

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56

MOBILIÁRIO

— **Fábrica Portugal**
R. Febo Moniz

SONDAGENS

— **Construções Técnicas**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Praça da Figueira, 18- 3.º D. -Lisboa
Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcântara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 13 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 67 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Companhia União Fabril**
Av. 24 de Julho, 170 — Lisboa 2 — Tel. 67 04 21

— **Construções Metalo-mecânica MAGUE, Ld.ª** — Alverca

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
R. da Boavista, 81-1.º — Tel. 67 21 61 — Lisboa

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **George Fischer, S. A.**
Schaffhouse (Suíça)

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

— **Von Roll — Representante Socotel**
R. Sá da Bandeira, 651-4.º — Porto.

EDIÇÕES TÉCNICAS

— **Revista TECNICA**
Av. Rovisco Pais. — Tel. 77 54 49 — Lisboa

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **ASEA**
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dt. — Lisboa — Tel. 68 90 17/8/9.
R. do Campo Alegre, 144, Porto — Tel. 6 21 06/9

— **EFACEC**
S. Mamede de Infesta

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Jorge Gonçalves**
Av. 5 de Outubro, 53-1.º — Lisboa
Tel. 4 40 29

— **SIEMENS — Comp. de Electricidade**
Av. Almirante Reis, 65 — Lisboa — Tel. 73 69 21.

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld. — Oerlikon**
Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Isolux, Lda.**
R. Gonçalves Crespo, 33, 3.º — Lisboa
R. de Sá da Bandeira, 551, 4.º — Porto.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Monterroso & C.ª, Ld.ª**
R. do Campo Alegre, 606-1.º
Telef. 6 48 95 — Porto

— **SOTÉCNICA — Soc. Electrotécnica, Ld.ª**
R. Vale do Pereiro, 8-2.º — Lisboa.
Tel. 68 91 37/8/9.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

— **SORVAL — Soc. Representações Vasconcelos, Ld.ª**
Rua Artilharia Um, 104-4.º — Lisboa.
Tel. 65 12 29/65 12 30.

TELECOMUNICAÇÕES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18

— **Jorge Gonçalves**
Av. 5 de Outubro, 53-1.º — Lisboa
Tel. 4 40 29

— **Standard Eléctrica, S.A.R.L.**
Av. da Índia — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

BOMBAS

— **Monterroso & C.ª, Lda.**
R. do Campo Alegre, 606-1.º
Telef. 6 48 95 — Porto

— **Patrick Thompson, Ld.ª**
R. Silba Carvalho, 234-r/c e 234-B — Lisboa
Telef. 68 45 04.

— **CIDEX — Comércio Internacional e Representações Industriais**
Av. Casal Ribeiro, 46-2.º - Tel. 73 53 07 - Lisboa 1

— **Patrick Thompson, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 234-r/c e 234-B — Lisboa
Telef. 68 45 04.

— **Vasco Pessoa, Lda.**
Rua da Boa Vista, 63 — Lisboa 2

CORRENTES

— **Harker Summer**
L. Corpo Santo, 18 — Tel. 32 48 23 — Lisboa.

FUNDIÇÃO

— **George Fischer, S. A.**
Schaffhouse (Suíça)

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
R. da Boavista, 81-1.º — Tel. 67 21 61 — Lisboa

— **Fassio, Ld.ª**
R. Jardim do Regedor, 20 — Lisboa = Tel. 36 19 02

— **SORVAL — Sociedade de Representações Vasconcelos, Ltd.**
R. de Artelharia Um, 104-º E Tels.: 65 12 29 — 65 12 20 — Lisboa

MOTORES INDUSTRIAIS

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de Santa Catarina, 168 — Porto.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **DU PONT — Anjos, Pereira e Comp., Ltd.**
R. D. João V. 7-1.º D. — Tel. 68 41 41 — Lisboa.

BORRACHAS

— **Quimicor**
R. Sociedade Farmaceutica, 3 — Lisboa.

— **Química Hoechst**
Av. Duque de Ávila, 169-1.º — Lisboa.

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

GÁS INDUSTRIAL

— **Propacidla — CIDLA**

LUBRIFICANTES

— **B. P.**
— **Mobil Oil**
— **Química Hoechst, Ld.ª**
Av. Duque de Ávila, 169-1.º — Lisboa.

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

LIVROS TECNICOS

— **TÉCNICA**
Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

— **DAMPA — Bell's e Comp., Ld.**
Av. Padre Manuel da Nóbrega. 13-B — Tel. 71 44 10 — Lisboa.

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 4 79 64 - 4 79 93 - 4 79 97.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Companhia Portuguesa de Fornos Electricos**
L. S. Carlos, 4-2.º

BETÃO

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **Aguiar & Melo, Lda.**
P. do Município, 13-1.º — Tel. 32 11 51-2 — Lisboa

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 — Lisboa 2 — Tel. 32 82 01/2/3

MATERIAL DE ESCRITÓRIO

— **SOLARI — Urbano C. Miranda**
R. Frei Francisco Foreiro, 2 r/c. esq.
Tel. 5 87 35 - 5 68 44 — Lisboa.

MOTORES DIESEL

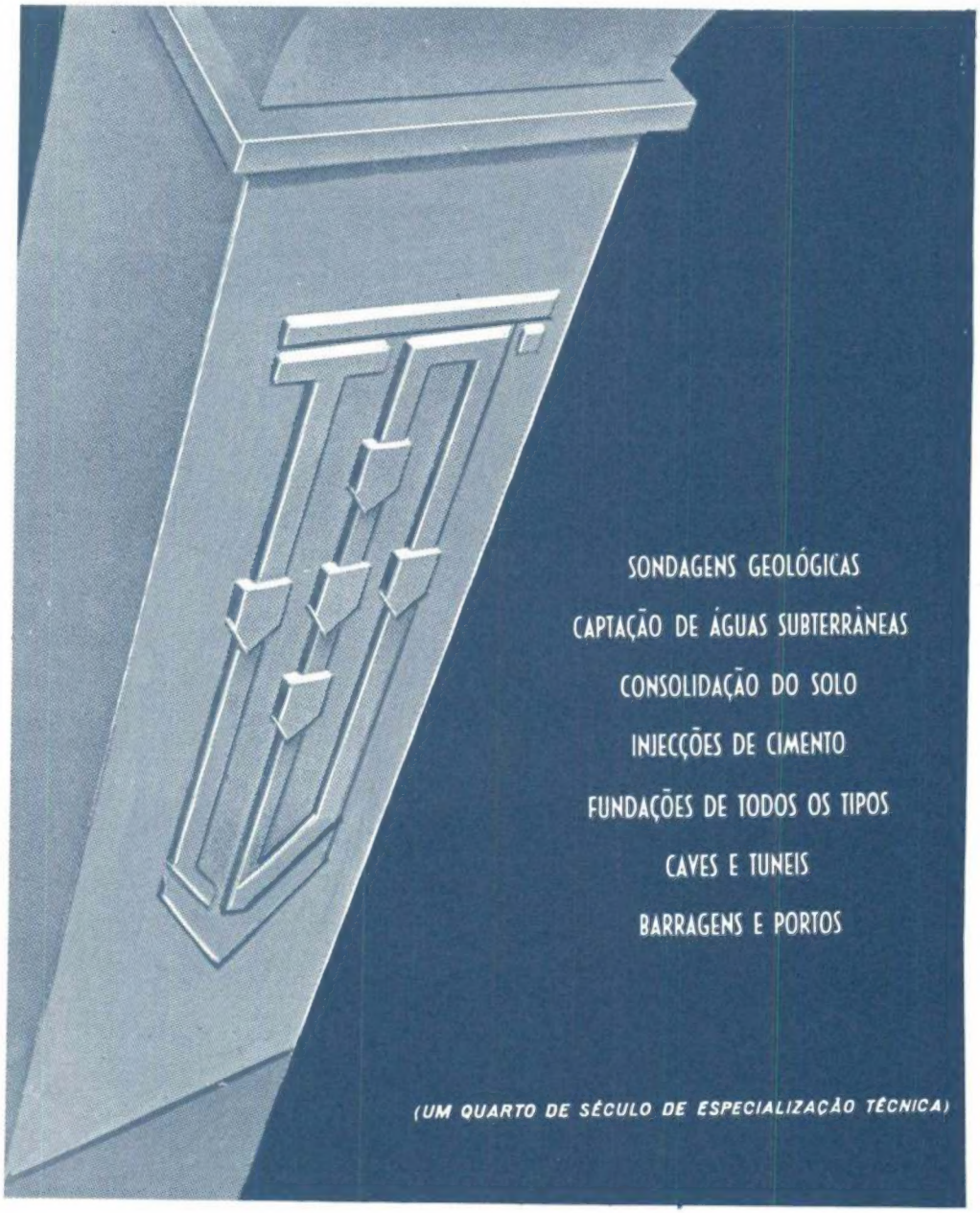
— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de S. Catarina, 168 — Porto

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 36 27 95

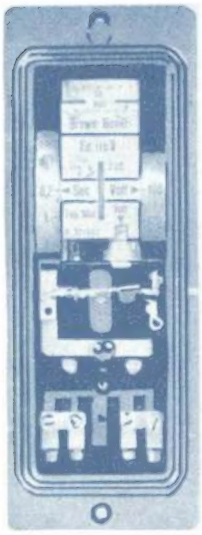
LISBOA



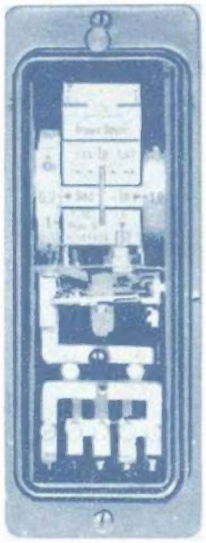
Offset de
Armeia & Moreno, Lda.

Protegei as vossas máquinas, aparelhos, e instalações, dos perigos externos e internos utilizando relés

BROWN BOVERI

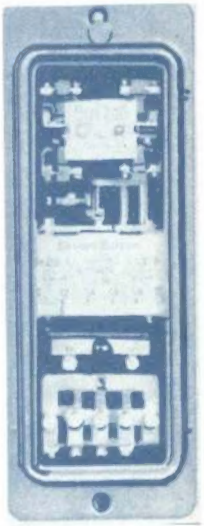


Sobretensão

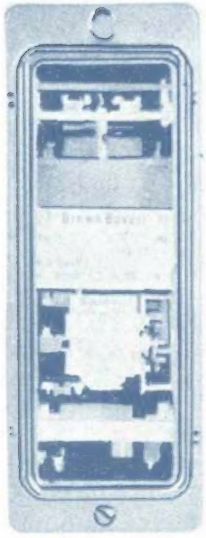


Sobrecarga curto-circuito

Sobrecarga termico



Sobrecarga instantâneo



Frequência

Cargas assimétricas

Diferencial

Terra

Os nossos Serviços Técnicos podem auxiliar a resolver os vossos problemas sobre protecções.

SOC. DE ELECT. **BROWN BOVERI**, LDA.

RUA DE SÁ DA BANDEIRA, 481 – 2.º • TEL. 23411 • PORTO